www.farelettronica.com

n.279 SETTEMBRE - Anno XXIV - € 6,00

LUCI DI EMERGENZA PER AUTO

un accelerometro al servizio della sicurezza

EMERGENCY ON THE ROAD

TELEMETRIA DEGLI INCIDENTI STRADALI MEDIANTE GPS E GSM

per imparare

Primi passi
l'induttanza in regime transitorio

Corso di elettronica digitale
le macchine a stati finiti

Tutorial PIC 32
l'uso delle periferiche

PoSCOPE
le tecniche di misura con l'oscilloscopio

PROGETTI

USARE UN MODULO BLUETOOTH

LAMPADA FOTOVOLTAICA

TRASFORMA IL TUO PC IN UN PRECISO STRUMENTO DI MISURA

ROBOT Zone

PHRIENDS un robot amichevole per prevenire gli incidenti sul lavoro

MENSILE Poste Italiane Spa - Spedizione in abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. In L. 27/02/2004 n. 46) art. 1, comma1, DCB Milano. In caso di mancato recapito, restituire all'editore che si impegna a pagare la relativa tassa presso il CPM di Roserio - Milano

sommario

279 *settembre 2008*

Primi passi

Progettare & costruire

Zoom in

Imparare & approfondire

Rispondi e... VINCI! *pag.* 100

DIVERTITI E METTI ALLA PROVA LE TUE CONOSCENZE CON **ELETTRO QUIZ** E VINCI OGNI MESE FANTASTICI PREMI!

Radio & radio

Robot Zone

rubriche

GLI ARTICOLI CONTRASSEGNATI COL SIMBOLO SONO GIÀ DISPONIBILI IN FORMATO PDF* ALL'INDIRIZZO
www.farelettronica.com/club
**Puoi iscriverti al CLUB di Fare Elettronica versando una piccola quota annuale.*

LUPUS IN FABULA *Agilent Technologies, 20 - Elettronicamente, 42 - Grix, 44 Istituto Internazionale di Ricerca, 20 - Kuka, 108 - Microchip, 76 - PoLabs, 92 Powerfilm, 50 - RoboTech, 22 - Softwork, 20*

elenco inserzionisti

di MAURIZIO DEL CORSO

FRENA!

"Probabilmente tutti sanno dell'esistenza dei sensori di accelerazione detti anche accelerometri, ma forse non tutti sanno come funzionano e soprattutto come utilizzarli".

Vi siete mai chiesti perché l'airbag della vostra auto esplode solo in caso di urto? E perché in caso di urto si attivano solo quelli necessari e non tutti?
La risposta è semplice: perché gli airbag sono gestiti mediante accelerometri.
Un accelerometro è un sensore costituito da una micro-massa in grado di muoversi sotto l'effetto di un'accelerazione. Questi microscopici spostamenti vengono rilevati e tradotti in segnali elettrici. A seconda del suo orientamento, il sensore è più o meno sensibile ad accelerazioni rivolte in direzioni particolari. In questo numero presentiamo un interessante progetto per la vostra auto che impiega degli accelerometri per determinare l'entità di una frenata e, se questa supera una certa soglia, aziona automaticamente le quattro frecce. Ma gli articoli dedicati all'automobile non sono finiti. I brillanti ragazzi dell'ITIS "G. Peano" di Torino hanno progettato un sistema per migliorare l'efficienza dei soccorsi in caso di incidente stradale.
Un progetto tutt'altro che banale che impiega un ricevitore GPS per rilevare la posizione del veicolo ed un modulo GSM per inviare, tramite SMS, tutti i dati telemetrici ad una centrale operativa che potrà attivare i soccorsi in maniera mirata.
Come sempre un numero ricco di argomenti interessanti sia per la loro utilità, sia per l'aiuto nell'apprendere come utilizzare componenti e tecnologie in modo semplice. Prima di lasciarvi alla lettura, una domanda per gli appassionati di robotica: conoscete il problema del brachistocrono sicuro? Scopritelo nella sezione Robot Zone!

DIRETTORE RESPONSABILE
Antonio Cirella

DIRETTORE TECNICO
Maurizio Del Corso

Segreteria di redazione
Fabiana Rosella

Art Director
Patrizia Villa

Hanno collaborato:
Federico Battaglin, Francesco Di Lorenzo, Giovanni Di Maria, Fabio Garibbo, Nicola Grilloni, Giorgio Grioli, Alessandra Parravicini, Remo Riglioni, Mario Rotigni, Riccardo Schiavi, Gianlorenzo Valle, Rossano Zanardi.

Comitato Scientifico
Simone Masoni (Microtest), Francesco Picchi (Microtest), Massimo Rovini (Università degli Studi di Pisa), Tiziano Galizia (Tigal), Claudio Turchetti (Università Politecnica delle Marche).

Direzione Redazione Pubblicitá
INWARE Edizioni srl
Via Cadorna, 27/31
20032 Cormano (MI)
Tel. 02.66504755
Fax 02.66508225
info@inwaredizioni.it
www.inwaredizioni.it
Redazione: fe@inwaredizioni.it

Stampa
ROTO 2000
Via Leonardo da Vinci, 18/20
20080, Casarile (MI)

Distribuzione
Parrini & C. S.p.a.
Viale Forlanini, 23
20134 Milano

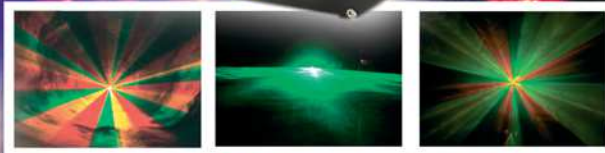
Ufficio Abbonamenti
INWARE Edizioni srl
Via Cadorna, 27/31
20032 Cormano (MI)
Per informazioni, sottoscrizione o rinnovo dell'abbonamento:
abbonamenti@inwaredizioni.it
Tel. 02.66504755
Fax. 02.66508225
L'ufficio abbonamenti è disponibile telefonicamente dal lunedì al venerdì dalle 14,30 alle 17,30.
Tel. 02.66504755
Fax 02.66508225

Poste Italiane S.p.a.
Spedizione in abbonamento Postale D.L. 353/2003
(conv. In L. 27/02/2004 n. 46) art. 1, comma1, DCB Milano.
Abbonamento per l'Italia:
€ 49,50
Abbonamento per l'estero:
€ 115,00
Gli arretrati potranno essere richiesti, per iscritto, a **€ 9,00** oltre le spese di spedizione
Autorizzazione alla pubblicazione del Tribunale di Milano n. 20 del 16/01/2006

Collaborare con FARE ELETTRONICA
Le richieste di collaborazione vanno indirizzate all'attenzione di Maurizio Del Corso (m.delcorso@inwaredizioni.it) e accompagnate, se possibile, da una breve descrizione delle vostre competenze tecniche e/o editoriali, oltre che da un elenco degli argomenti e/o progetti che desiderate proporre.

Proiettori LASER

disegnatori di luce

NEW

1 Generatore laser RGY - 100mW

Spettacolare generatore Laser RGY a 9 canali DMX con oltre 200 effetti, dotato di contenitore in alluminio completo di staffa per il fissaggio. Alimentazione 220Vac / 50Hz • Potenza laser tricolore RGY >100mW; rosso (650nm) >60mW; verde (DPSS 532nm) >40mW • Classe 3B • Ventola di raffreddamento • Controllo dei fasci laser mediante micromotori • Modo di funzionamento DMX512, automatico (attivato dal suono), master/slave • Dimensioni 300 x 280 x 130mm • Peso 6,3kg.

VDP1001RGYLD9 € 546,00

2 Generatore laser verde 40mW

Generatore Laser verde da 40mW a 7 canali DMX con oltre 100 effetti. Contenitore in alluminio completo di staffa per il fissaggio. Alimentazione 220Vac / 50Hz • Potenza laser verde (DPSS 532nm) >40mW • Classe 3B • Ventola di raffreddamento • Controllo dei fasci laser mediante micromotori • Modo di funzionamento DMX512, automatico (attivato dal suono), master/slave • Dimensioni 300 x 280 x 130mm • Peso 5,3kg.

VDP401GLD7 € 349,00

3 Proiettore laser rosso/verde - 160mW

Bellissimo proiettore Laser rosso/verde controllabile tramite protocollo DMX512 (10 canali).
Dispone di contenitore in alluminio completo di staffa per il fissaggio. Ideale per manifestazioni, discoteche e disco-club.
Funzionamento stand-alone, a controllo musicale o con programmi preimpostati. Alimentazione 220Vac / 50Hz • Consumo 15W • Classe 3B • Potenza laser verde (532nm) 60mW; rosso (650nm) 100mW • Dimensioni 340 x 210 x 90mm • Peso 4kg.

VDP1601RGLD10 € 320,00

Specchi regolabili per effetti laser (4 pz)

Caratteristiche:
- Supporto robusto completo di staffa di fissaggio
- Inclinazione regolabile finemente mediante viti posizionate sul retro;
- Dimensioni 100 x 100 x 90mm;
- Peso 2,6kg.

Confezione da 4 specchi.

VDLMRL € 175,00

DIMMER

Questo semplice circuito può rimpiazzare un interruttore, permettendo di regolare la luminosità di una lampada o di un gruppo di lampade. Questo circuito può essere utilizzato anche per regolare la velocità dei motori con spazzole a carbone. Il circuito è caratterizzato da una rete RC, la cui carica dipende dalla carica e la scarica del condensatore. Questa rete controlla il gate di un TRIAC mediante un DIAC da 20V. Con un TRIAC di questo tipo il circuito può pilotare potenze fino 750W, con una corrente massima di 3,5A. La bobina consente di eliminare disturbi che possono creare della alterazioni nel circuito.

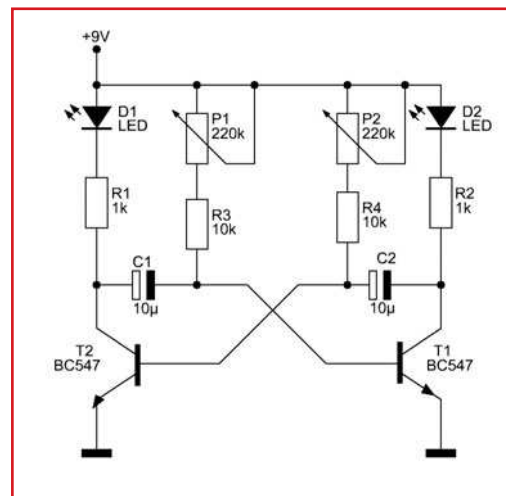
TERMOSTATO

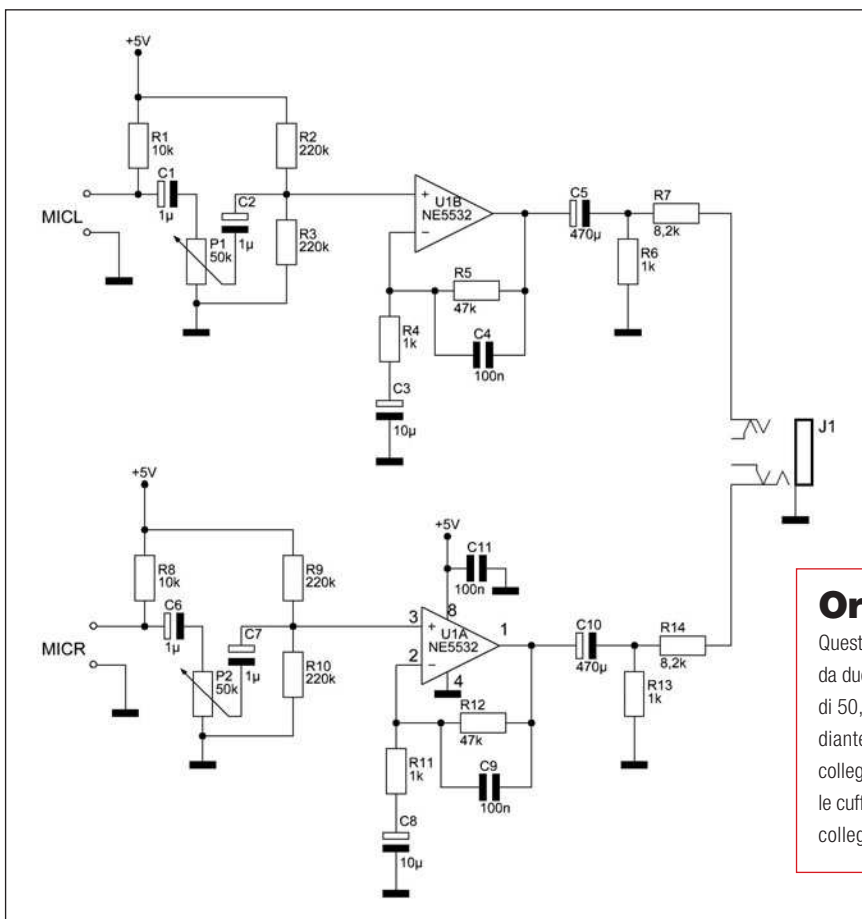
Questo circuito permette di realizzare un termostato a basso costo, che utilizza un sensore NTC. Questo elemento fa parte di un partitore di tensione collegato all'ingresso non invertente dell'operazionale, mentre sull'altro ingresso è presente il riferimento di tensione, regolabile mediante un trimmer. Il transistor collegato all'uscita dell'operazionale permette di pilotare il relè per la commutazione dei contatti.

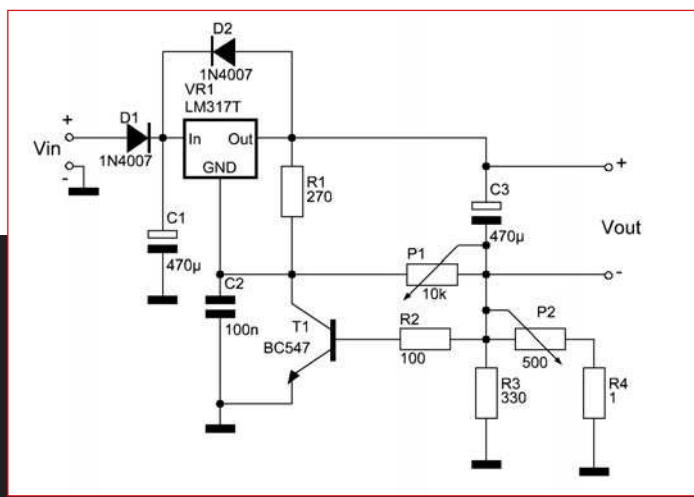
RILEVATORE DI PROSSIMITA'

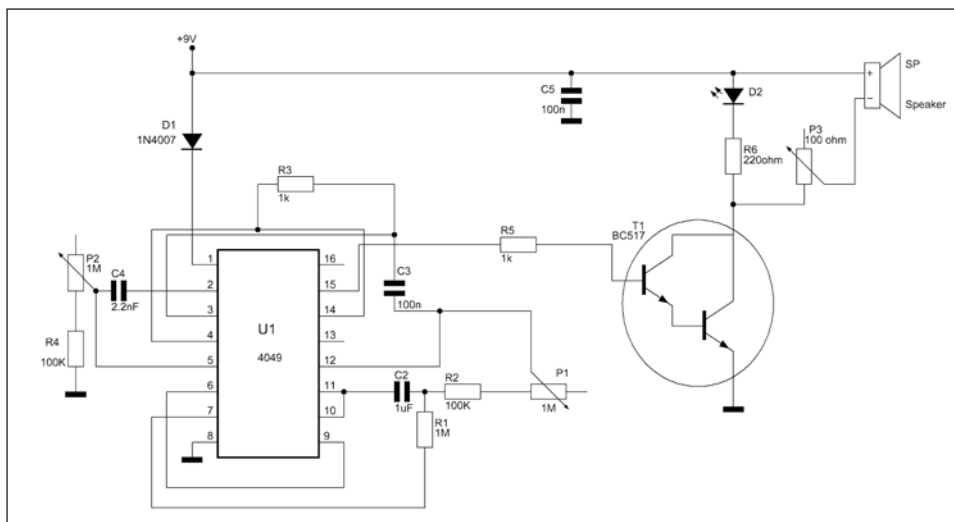
Questo semplice circuito incorpora un avanzatissimo componente, il QT110, in grado di rilevare la variazione di capacità dovuta al contatto o alla immediata vicinanza di un dito, di un piede, o di un qualsiasi altro corpo conduttore che tocchi terra. La regolazione della sensibilità è il tempo di intervento del relè viene fatta mediante jumper.

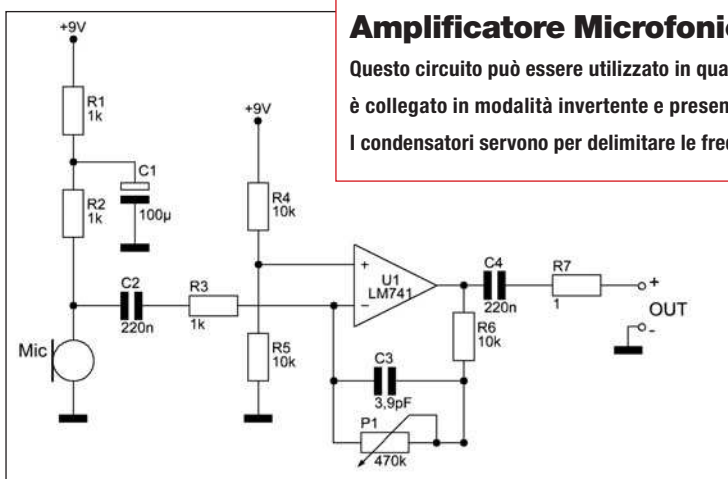
DOPPIO LED LAMPEGGIANTE

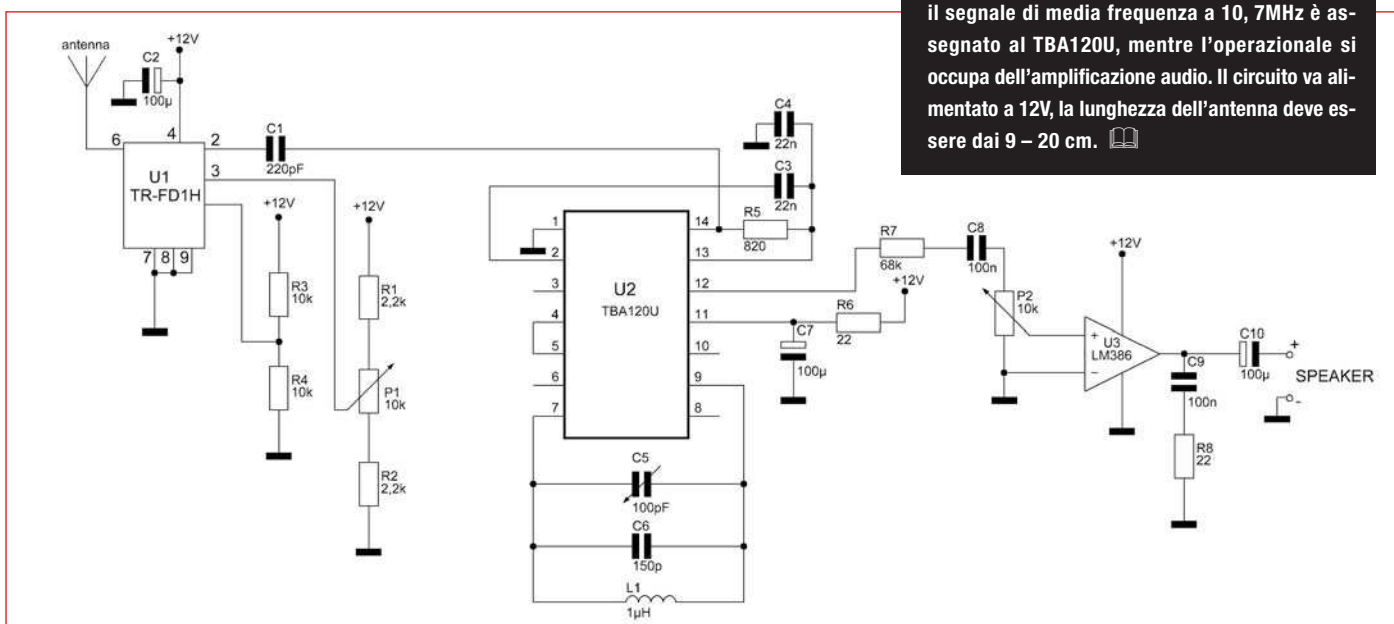
Il circuito raffigurato è un semplice astabile a bjt. I led si accendono alternativamente, dato che sono montati sui collettori dei bjt. Il tempo di accessione può essere regolato mediante i due trimmer da 220 Kohm.

Orecchio Stereofonico

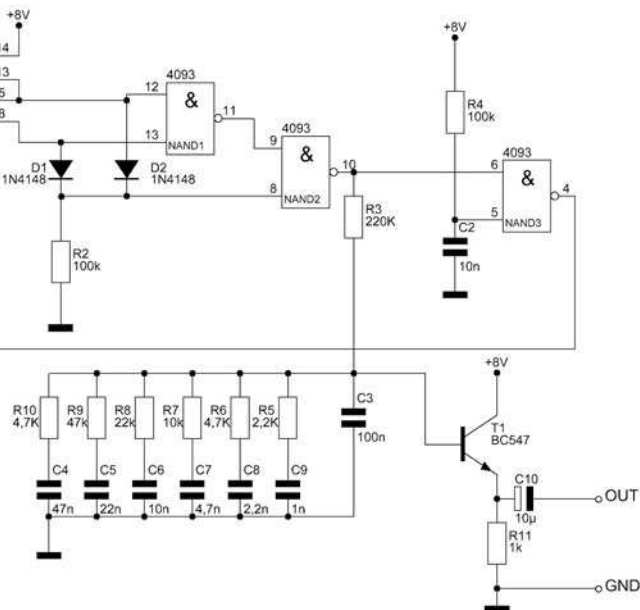
Questo circuito è adatto a persone che hanno difficoltà di udito. È formato da due amplificatori operazionali con basso rumore di fondo, con guadagno di 50, ideale per gli ascolti a distanza. Il volume di ascolto è regolato mediante i due potenziometri da 50K. In ingresso ad ogni operazionale va collegato un microfono direzionale, mentre in uscita basta collegare delle cuffie. Questo circuito può essere utilizzato anche come preamplificatore collegando a valle un amplificatore finale.

REGOLATORE SOLARE

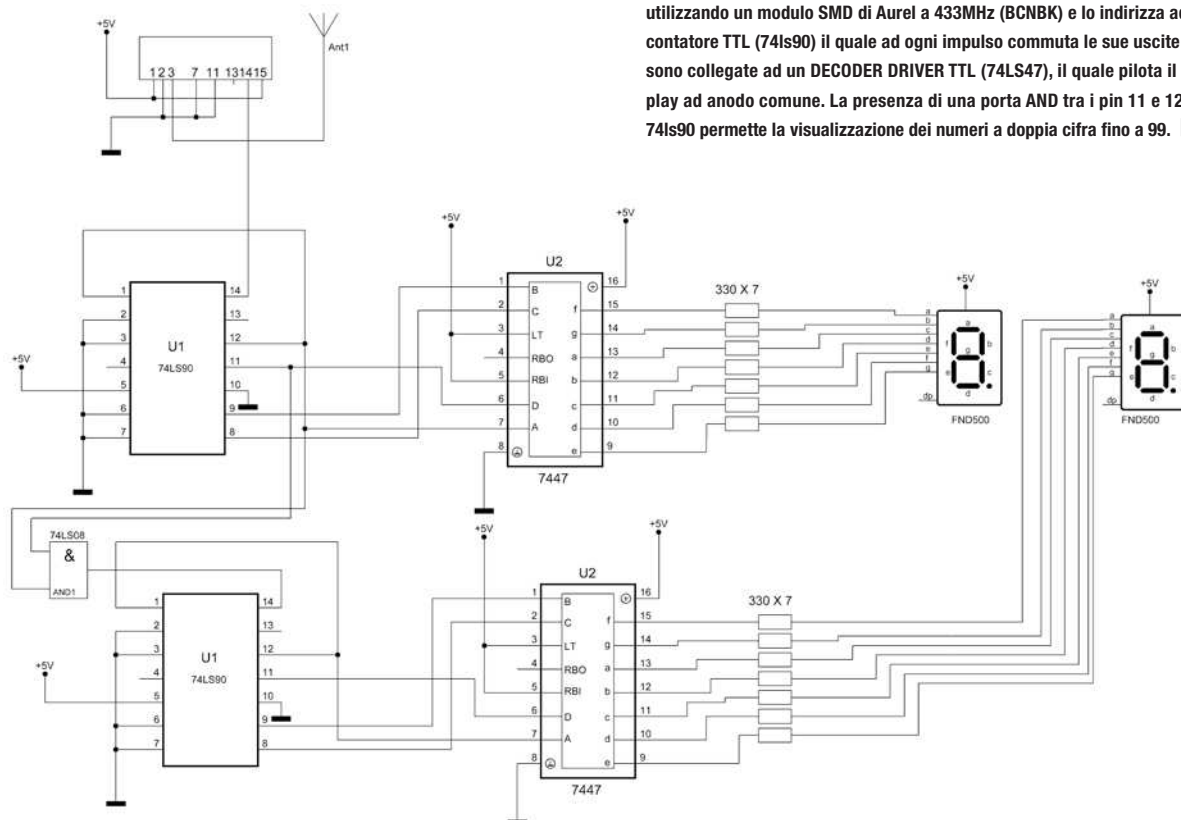
Regolatore di carica per pannelli solari, in grado di erogare una corrente di circa 0,5A, può funzionare per pannelli da 12 V a 24 V. Il circuito è realizzato mediante un regolatore di tensione LM317T ed un transistor che interviene quando la tensione della batteria sui pin Vout raggiunge la tensione massima.

METRONOMO

Questo metronomo elettronico si basa sull'utilizzo di una porta logica triggerata 4049,da cui vengono creati una serie di oscillatori che danno vita ad una serie di commutazioni di 0 e 1. I tre potenziometri consentono di regolare il volume, la timbrica e il tempo. Il circuito va alimentato a 9V..

Amplificatore Microfonico

Questo circuito può essere utilizzato in qualsiasi applicazione per amplificare segnali audio. L'operazionale raffigurato è collegato in modalità invertente e presenta un guadagno da 10 a 480 regolabile mediante il potenziometro da 470K. I condensatori servono per delimitare le frequenze di taglio. Il circuito va alimentato con una tensione dai 9 ai 15V.

RICEVITORE FM

Per quanto semplice sia questo circuito ha prestazioni di tutto rispetto, paragonabili a quelle di un prodotto commerciale. Tramite il primo potenziometro posto sul pin 3 del TR-FD1H si regola la frequenza di ricezione, mentre con il secondo potenziometro posto sul pin 5 del TR-FD1H si regola il volume d'uscita. Il compito di amplificare il segnale di media frequenza a 10, 7MHz è assegnato al TBA120U, mentre l'operazionale si occupa dell'amplificazione audio. Il circuito va alimentato a 12V, la lunghezza dell'antenna deve essere dai 9 – 20 cm.

GENERATORE DI RUMORE ROSA

Questo circuito consente di generare un rumore di tipo “rosa”, particolarmente indicato per analizzare le proprietà acustiche di una stanza, in modo da consentire una regolazione ottimale di un impianto HiFi. Il rumore viene generato tramite uno shift register a 33 stati. Il circuito è anche facilmente modificabile per ottenere anche il cosiddetto rumore “bianco”.

CONTATORE (RICEZIONE)

Questo circuito riceve il segnale proveniente dal circuito di trasmissione utilizzando un modulo SMD di Aurel a 433MHz (BCNBK) e lo indirizza ad un contatore TTL (74ls90) il quale ad ogni impulso commuta le sue uscite che sono collegate ad un DECODER DRIVER TTL (74LS47), il quale pilota il display ad anodo comune. La presenza di una porta AND tra i pin 11 e 12 del 74ls90 permette la visualizzazione dei numeri a doppia cifra fino a 99.

20-21 settembre 2008

Expo Elettronica

Expo Elettronica è la mostra mercato dedicata all'elettronica e punto d'incontro fra "antiquariato tecnologico" e applicazioni "futuribili": una miriade di oggetti e applicazioni ormai indispensabili come computer, software, periferiche, home theater, telefonia fissa e mobile, accessori, ricambi, curiosità elettroniche e digitali. Parallelamente si svolge Colleziosa, dove si trova di tutto un po': vecchie radio, macchine fotografiche, dischi d'epoca e cd rari, fumetti, numismatica, filatelia, modellismo, giocattoli, soldatini, sorpresine, ed altro ancora, rigorosamente usato e da collezione.

Dove: CESENA (FC) **Quando:** 20-21 settembre 2008 **Orari:** dalle 9 alle 18 **Organizzatore:** Blu Nautilus s.r.l.

Info: www.blunautilus.it

CODICE MIP 800264

27-28 settembre 2008

Fiera dell'Elettronica e del Radioamatore

L'area espositiva utilizzata, sarà di oltre 8.500 mq. con 5 padiglioni, un'area coperta denominata tettoia b e vedrà la partecipazione di oltre 160 espositori provenienti da tutta Italia. I visitatori, potranno trovare un vastissimo assortimento di novità e prodotti tra i quali spiccano: materiale elettronico, computers, software, cartucce, materiale radioimpiantistico, surplus, componentistica, telematica, decoder, parabole e telefonia con la partecipazione dell'editoria specializzata. La rassegna fornirà anche una panoramica didattico-educativa con la presenza di numerosi editori di riviste e testi specializzati.

Dove: ***Fiera millenaria di Gonzaga (MN)*** **Quando:** ***27-28 settembre 2008***
Orari: ***dalle 8.30 alle 18*** **Organizzatore:** ***Fiera Millenaria S.r.l.***

Info: www.fieramillenaria.it

CODICE MIP 800265

6-7 settembre2008

Fiera dell'elettronica di Montichiari

Una miriade di oggetti e applicazioni ormai indispensabili come computer, software, periferiche, home theater, telefonia fissa e mobile, accessori, ricambi, curiosità elettroniche e digitali.

Dove: Via Brescia, 129 - 25018 Montichiari (BS)
Quando: 6-7 settembre 2008
Orari: Sabato ore 9:00 - 18:30
Domenica ore 9:00 - 17:30
Organizzatore: Centro Fiera S.p.A.

Info: www.centrofiera.it

CODICE MIP 800266

13-14 SETTEMBRE 2008

TELERADIO

Teleradio &Collezioni, con una miriade di prodotti, soddisfa i gusti di tutti: appassionati del "fai da te", elettro-riparatori, radioamatori, giovani e adulti tutti in cerca di buone occasioni e pezzi rari.

Dove: Piacenza Expo
s.Statale 10 - 29100 Piacenza
Quando: 13-14 settembre 2008
Orari: Sabato dalle 9 alle 18,
Domenica dalle 9 alle 17
Organizzatore: Piacenza Expo spa

Info: www.teleradio.piacenzaexpo.it

CODICE MIP 800267

4-5 OTTOBRE 2008

RADIANT & SILICON

Attualmente RADIANT, che si sviluppa su una superficie espositiva superiore ai 10.000 mq. coperti, con più di 180 espositori per edizione ed oltre 40.000 visitatori annui, è considerata la più importante Mostra-Mercato nazionale del suo settore. MOSTRA-MERCATO (apparati e componenti per telecomunicazioni, Internet e ricetrasmissioni di terra e satellitari, antenne, elettronica, informatica, telefonia statica e cellulare, hobbistica ed editoria) BORSA-SCAMBIO (surplus radioamatoriale, informatico ed elettronico).

Dove: Parco Esposizioni Novegro
Quando: 4-5 ottobre 2008
Orari: 4/10 dalle 9 alle 18; **5/10** dalle 9 alle 17
Organizzatore: Comis

Info: www.parcoesposizioninovegro.it

CODICE MIP 800267

IL SERVIZIO UTILIZZABILE PER RICHIEDERE MAGGIORI INFORMAZIONI SUI CONTENUTI DI FARE ELETTRONICA

ONLINE:

www.farelettronica.com/mip

VIA FAX: 02 66508225

NUMERO DELLA RIVISTA 279

INSERISCI I CODICI MIP PER I QUALI DESIDERI RICEVERE INFORMAZIONI. UTILIZZA IL NUMERO MIP CHE COMPARE ALLA FINE DI OGNI ARTICOLO O ALL'INTERNO DELLE PAGINE DI TUO INTERESSE.

DATI DEL LETTORE

Nome | Cognome
Azienda | Indirizzo Azienda
Città | Cap | Prov. | Nazione
Tel. | Fax
e-mail

di NICO GRILLONI

L'INDUTTANZA IN REGIME *transitorio*

Dopo i transitori di carica e scarica di una capacità si espongono adesso i transitori di carica e scarica di una induttanza

L'induttanza, come si è visto in un precedente articolo, presenta ben diversi comportamenti a secondo che sia sottoposta alla corrente continua (c.c.) o alla corrente alternata (c.a.). Adesso se ne esaminerà il comportamento in regime transitorio, ossia con riferimento al circuito di cui alla **figura 1**, si esaminerà l'andamento della tensione e della corrente ai suoi capi alla chiusura del deviatore *S* nella posizione 1 e quindi nella posizione 2. Le induttanze sebbene in numero statisticamente inferiore, sono spesso presenti nei circuiti elettronici sia in forma esplicita -si pensi, per esempio, alla induttanze presenti nei filtri passivi in alta frequenza, nei circuiti alimentatori di tipo switching - sia sotto forma "mascherata" -si pensi, per esempio, all'avvolgimento di un relè tradizionale il cui comportamento è comunque quello di un'induttanza.

IL CIRCUITO

Transitorio di carica

Il transitorio di carica andrebbe più propriamente definito transitorio all'inserzione, ossia all'inserzione della tensione di alimentazione. Si consideri pertanto il circuito di cui alla **figura 1** caratterizzato da una resistenza R e da una induttanza L disposte in serie. Il problema che ci si appresta a risolvere consiste nel ricavare sia l'andamento della corrente Ic di carica, sia della tensione VL ai suoi capi nell'istante in cui il deviatore S si porta nella posizione 1. L'andamento della corrente è esposto nella **figura 2**. Il diagramma mostra che all'inserzione della tensione di alimentazione Vi la corrente da valore zero iniziale cresce

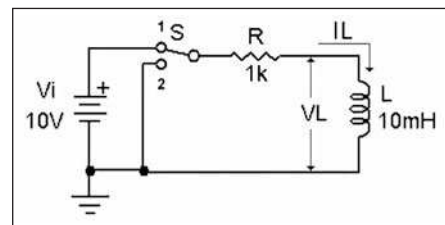



Figura 1: circuito adatto allo studio dei transitori di carica e di scarica di una induttanza.

lentamente e dopo un intervallo pari circa a 5τ -con τ = L / R costante di tempo del circuito RL - giunge al valore di regime pari a:

$$I = V_i / R$$

che per V_i = 10 V e R = 1 kΩ vale quindi 10 mA. L'espressione analitica aderente a questo andamento è:

$$I_c = \frac{V_i}{R} \cdot \left(1 - e^{-\frac{R}{L} \cdot t}\right)$$

Da questa, infatti, imponendo le condizioni ai limiti si ricava:

per $t = 0$ $\qquad I_c = 0$

per $t \to \infty$ $\qquad I_c = V_i / R = 10$ mA

La tensione V_L ai capi dell'induttanza dal valore iniziale pari a V_i si porta a zero così come illustra la **figura 3**. Quest'ulti-

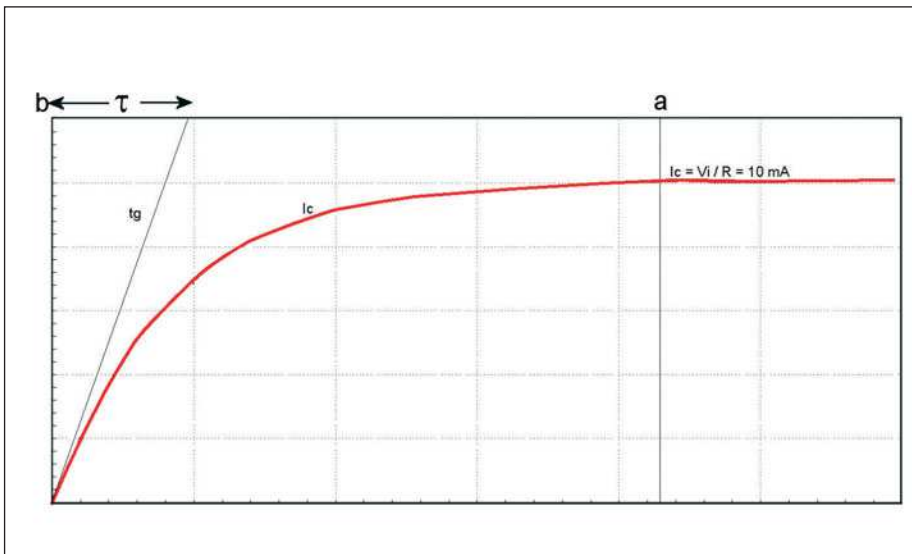



Figura 2: andamento della corrente nel circuito RL all'inserzione della tensione Vi ossia portando il deviatore S nella posizione 1.

Figura 3: andamento della tensione VL ai capi dell'induttanza L nel transitorio di inserzione.

ma condizione è però puramente teorica poiché si ritiene che l'induttanza sia priva di resistenza (induttore ideale). Semplificando al massimo se non altro per finalità mnemoniche, è sufficiente considerare che per il circuito in esame si ha comunque:

$$V_i = V_R + V_L$$

Essendo V_R la caduta di tensione ai capi della resistenza R si ha $V_R = RI_c$ e quindi l'espressione precedente può scriversi:

$$V_i = RI_c + V_L \qquad [1]$$

Poiché nell'istante iniziale ($t = 0$) è $I_c = 0$ da quest'ultima si ha:

$$V_i = V_L$$

Poiché per $t \to \infty$ si ha $I_c = V_i / R$ dalla [1] si ricava:

$$V_i = R\,(V_i / R) + V_L$$

E quindi, semplificando, si ottiene:

$$V_L = 0$$

La condizione $V_L = 0$ implica che a regime l'intera tensione V_i applicata cada sulla resistenza R e ciò era prevedibile poiché come si è detto in un precedente articolo, l'induttanza in c.c. si comporta come un cortocircuito. Ovviamente durante il transitorio la tensione ai capi di R segue l'andamento della corrente I_c e quindi dal

Figura 4: portando il deviatore S in 2 si ha il transitorio di scarica dell'induttanza L.

valore zero si porta al valore della tensione applicata V_i.
La costante di tempo, come su si è anticipato, è fornita dal rapporto L / R e pertanto, per i valori attribuiti a L e R nel circuito di cui alla **figura 1**, vale:

$$\tau = (10 \times 10^{3}) / 10^{3} = 10\ \mu s$$

In un tempo pari a circa 5*t*, ossia dopo circa 50 µs, il circuito è a regime. Il marker verticale *a* indica questa condizione in entrambe le **figure 2** e **3**.

Transitorio di scarica

Il transitorio di scarica è definito più propriamente transitorio alla disinserzione, ossia all'annullamento della tensione di alimentazione. Si porti pertanto - **figura 4** - il deviatore *S* nella posizione 2. Anche in questo caso non si ha un repentino annullarsi della corrente che, invece, dal valore iniziale di 10 mA si porta a zero lentamente, ossia secondo al costante di tempo L / R. Questo andamento è riportato nella **figura 5**. Qui è opportuno notare come la corrente I_s alla scarica mantenga il verso assunto dalla corrente di carica I_c.
I versi della corrente nel circuito sono cioè concordi sia quando il deviatore si porta in posizione 1 sia quando lo si porta in 2. Si suole dire, sempre e solo con finalità mnemonica, che l'induttanza si carica con certe polarità e si scarica con polarità invertite. Le figure **6*a*/*b***, che mostrano come la corrente qualunque sia la posizione del deviatore circola comunque in senso orario, esemplificano quanto appena affermato. Semplificando ulteriormente si può supporre che alla scarica - **figura 6*b*** - l'induttanza si comporti come una batteria in via di estinzione che abbia la polarità negativa nell'estremo superiore e la polarità positiva all'altro estremo.
Questo concetto risulta particolarmente

Figura 5: andamento della corrente di scarica dell'induttanza L con riferimento al circuito di cui alla figura 4.

Figure 6 a/b: l'induttanza si carica con le polarità della batteria alla quale è connessa e si scarica con polarità invertite. La corrente Is ha quindi lo stesso verso della corrente Ic.

Figura 7: in assenza del diodo D si può avere la distruzione del BJT nel passaggio on ÷ off.

utile in molti casi. Uno fra questi, che si incontra spesso nella pratica, è il caso in cui un relè sia asservito ad un BJT come mostra la **figura 7**. In genere il BJT in questi circuiti funziona da interruttore, ossia o in totale stato *on* (condizione di saturazione) o nello stato *off* di interdizione. Nell'esempio di cui alla **figura 7**, un segnale che polarizzi la base in modo da portare il transistor in conduzione fa sì che il relè venga eccitato e quindi sulla bobina si abbia il positivo nell'estremo connesso all'alimentazione V_a e il negativo nell'estremo connesso al collettore del BJT. Ma all'interruzione della corrente di collettore, ossia alla diseccitazione, l'induttanza della stessa bobina dà luogo ad una corrente notevole - corrente di scarica che ha lo stesso verso della corrente di carica - che senza una via alternativa potrebbe porre fuori uso il BJT. La presenza del diodo *D* impone il per-

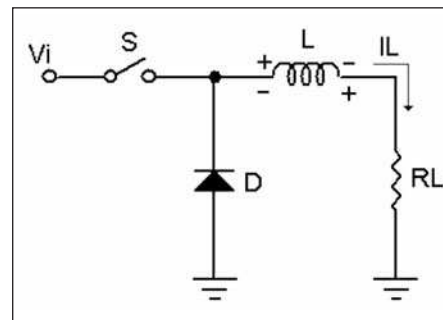



Figura 8: schema semplificato di funzionamento di un'induttanza in uno stadio switching di tipo step-down.

corso alternativo della corrente attraverso sé stesso così "immunizzando" il BJT. Un'altra applicazione caratteristica delle induttanze si ha nei regolatori di tipo switching, e, in particolare nei DC/DC converter di cui al **figura 8** mostra un esempio semplificato del tipo step-down, ossia del tipo che presenta in uscita una tensione V_o inferiore alla tensione V_i applicata in ingresso. Il principio di funzionamento è sufficientemente intuitivo tenendo conto che il deviatore *S* è in genere un componente attivo (un BJT o un Mosfet) che lavora come interruttore ossia fra la condizione di saturazione e la condizione di interdizione.
Quando il deviatore *S* si chiude l'induttanza si carica con le polarità indicate superiormente e la corrente I_L nel carico ha il verso indicato. All'apertura del deviatore l'induttanza si scarica attraverso il diodo *D* con le polarità indicate inferiormente e quindi mettendo in circolazione una corrente che ha lo stesso verso. In ogni caso, come si è già affermato, le applicazioni delle induttanze sono praticamente illimitate. Qui si è voluto solo portare qualche esempio minimo per meglio comprendere il funzionamento intrinseco del componente.

ANALOGIE COL CIRCUITO RC

Nell'articolo inerente il comportamento della capacità in regime transitorio si è accennato al comportamento del circuito *RC* come integratore,
In quell'occasione si è evidenziato come, tramite questo circuito e rispettando certe condizioni fra la costante di tempo e la frequenza del segnale a onda quadra applicato in ingresso, sia possibile trasformare un'onda quadra in un'onda

triangolare che è caratteristica del circuito integratore. Un circuito analogo si può realizzare con una resistenza e un'induttanza come mostra la **figura 9*a***. Si può infatti dimostrare che questo circuito si comporta come il circuito *RC* di cui alla **figura 9*b***, circuito già analizzato nel precedente articolo. L'unica condizione da rispettare è che la costante di tempo $\tau = L / R$ sia maggiore del semiperiodo $T / 2$ dell'onda quadra applicata in ingresso. Essendo, con riferimento al circuito di cui alla **figura 9*a***, $T / 2 = 500\ \mu s$ (la frequenza dell'onda quadra è di 1 kHz e quindi $T / 2 = 0,5$ ms) e $\tau = L / R = 1,25$ ms la condizione $\tau > T / 2$ è rispettata (τ è infatti pari a 2,5 volte $T / 2$). La **figura 10** riporta infatti la tensione a onda quadra applicata e la tensione V_o di uscita il cui andamento approssima già assai bene quello di un'onda triangolare. La distanza (*a* – *b*), ossia la posizione reciproca dei marker verticali *a* e *b*, indica la frequenza di 1 kHz del segnale V_o applicato in ingresso. Se adesso, con riferimento ai circuiti di cui alle **figure 9*a/b***, ferma restando la tensione di alimentazione, si pone la costante di tempo del circuito di cui alla **figura 9*b*** eguale alla costante di tempo del circuito *LR* della **figura 9*a***, si constaterà come la tensione V_o di uscita del circuito *RC* sia perfettamente eguale a quella esposta nella **figura 10** relativa la circuito *LR*.

Il valore di 62,5 μF attribuito alla capacità *C* discende proprio dall'aver posto eguali le costanti di tempo dei due circuiti. Per il circuito *LR* si ha infatti:

$$\tau = L / R = (25 \times 10^{-3}) / 20 = 1,25 \text{ ms}$$

Essendo $\tau = RC$ la costante di tempo del circuito *RC*, per $R = 20\ \Omega$ e $\tau = 1,25$ ms (si rammenti che le costanti di tempo si sono poste eguali), per la capacità *C* si ricava:

$$C = \tau / R = (1,25 \times 10^{-3}) / 20 = 62,5\ \mu F$$

Il circuito *LR* è quindi anch'esso un circuito integratore al pari del circuito *RC*. Entrambi i circuiti, infatti, "trasformano" un'onda quadra in un'onda triangolare. ❑

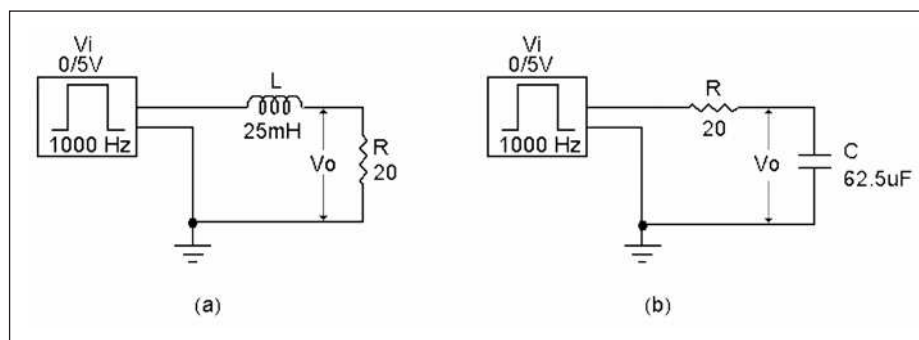



Figura 9: il circuito LR (a) si comporta esattamente come il circuito RC (b) a condizione che entrambi abbiano la stessa costante di tempo.

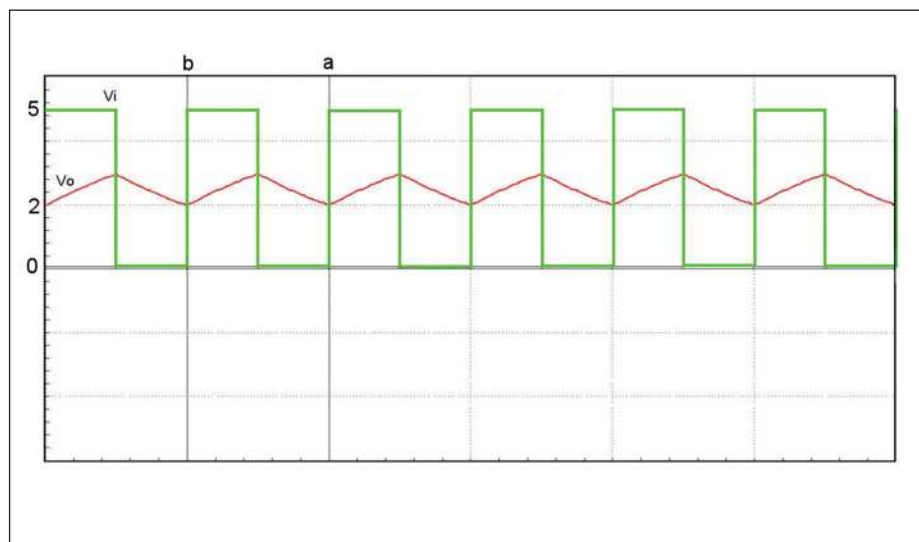



Figura 10: applicando la stessa onda quadra ai circuiti di cui alla figura 9 si ottiene sull'uscita di entrambi un'onda triangolare. Tutti e due i circuiti si comportano quindi da integratori.

Codice MIP 500171

Marchi, Brevetti e CONTRAFFAZIONE

Tra gli asset posseduti, i marchi e i brevetti ricoprono una notevole importanza nella compagine aziendale in quanto rappresentano, in tutto o in parte, la vera ricchezza societaria, rendendo riconoscibile e unico il prodotto. Per fare il punto della situazione su tutti gli aspetti relativi alla contraffazione e ai mezzi di tutela contro la contraffazione, specialmente quella locale dei paesi emergenti, dell'e-commerce ecc.., Istituto Internazionale di Ricerca organizza il convegno “Marchi, Brevetti e Contraffazione” in programma i prossimi 2, 3 e 4 dicembre a Milano. L'evento si svolgerà in Sessione Plenaria. L'agenda dei primi due giorni, che prevede l'intervento di relatori di diversi settori merceologici, sarà dedicata alle problematiche connesse al mondo industriale e in particolare si parlerà di: normativa e tutela giudiziale e stragiudiziale, lotta alla contraffazione e tutela nei confronti dei paesi emergenti, valore dei beni immateriali quale elemento di business. Il 4 dicembre, invece, sarà interamente dedicato alle problematiche connesse alla produzione e commercializzazione dei farmaci e dei presidi medico-chirurgici soprattutto in un'ottica di politiche attuate e attuabili per contrastare il fenomeno della contraffazione.

CODICE MIP 900555

RFID MULTIPLEXATO

Il panorama RFID firmato Softwork si arricchisce oggi del nuovo dispositivo 8 canali UHF Multiplexer ID ISC.ANT.UMUX-A della Feig Electronic, che ha un connettore d'ingresso e 8 connettori di uscita per antenne esterne alla frequenza di 860-960MHz. Il multiplexer è pilotato ed alimentato tramite il cavo d'antenna ed è quindi di facile installazione, ha elevata velocità di commutazione (<1ms). Allogiato in un contenitore ABS con protezione IP30, prevede un consumo massimo di 200 mA ed è dotato di numerosi led di controllo.

CODICE MIP 900552

Alimentatori DC a basso costo

Agilent Technologies introduce la serie U8000 di alimentatori DC a singola uscita non programmabili con potenze di 90-150W, adottabili in numerose applicazioni industriali e per scopi didattici. La serie integra protezione completa da sovratensioni e sovracorrenti per la salvaguardia dei dispositivi sotto test. E' possibile memorizzare tre stati di funzionamento e bloccare la tastiera del pannello frontale. La serie inoltre offre un'eccellente regolazione di carico e di linea, risposta veloce e basso rumore di uscita.

CODICE MIP 900554

di GIOVANNI DI MARIA

EASY bluetooth

Con Easy Bluetooth è adesso semplice progettare e sviluppare applicazioni Bluetooth, utilizzando qualunque tipo di microcontrollore

Si tratta di un dispositivo semplice e a basso costo che ha lo scopo di svincolare le proprie applicazioni da fastidiosi fili, cablaggi e collegamenti. Esso permette infatti il collegamento tra unità compatibili con il protocollo Bluetooth, quali cellulari, pendrive, computer portatili, personal computer, radio ed altri ancora.
Il suo punto di forza è di essere pienamente compatibile con i sistemi di sviluppo della Mikroelektronika. Grazie al suo utilizzo, da oggi possiamo fare a meno di collegamenti elettrici tra i vari dispositivi.

IL MODULO SERIALE ROBOTECH BLUETOOTH (RBT)

E' un modulo che si occupa della completa gestione della trasmissione di tipo Bluetooth. Le sue maggiori particolarità possono così riassumersi:

- compatibile con le specifiche del protocollo Bluetooth 2.0;
- certificato come prodotto finale;
- compatibile verso il basso con dispositivi Bluetooth versione 1.x;
- distanza di funzionamento fino a 30 m (Classe 2);

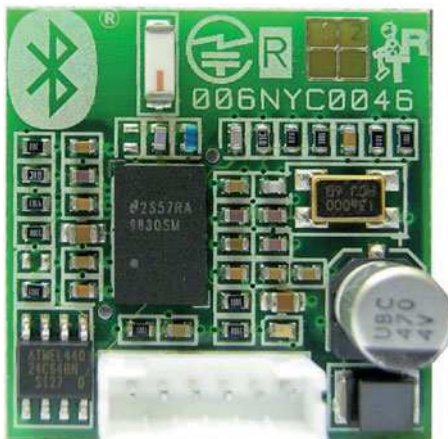



Figura 1: il modulo RBT-001.

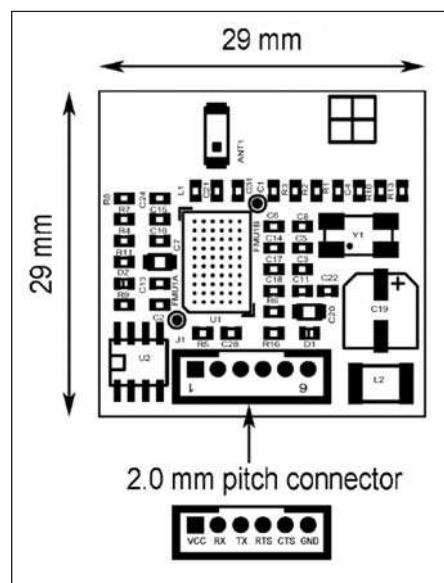



Figura 2: dimensioni fisiche del modulo.

- consumo molto basso di potenza;
- supporto dei comandi e dati Uart con un Baud-rate di 921.6K;
- supporta i profili GAP, SDAP, SPP;
- antenna integrata on chip;
- supporta l'Adaptive Frequency Hopping (AFH) e la coesistenza con 802.11;
- dimensioni ridotte: 29x29 mm;
- compatibile con le normative RoHS;
- modello di Radio approvata in Europa e in Giappone.

Tutte queste caratteristiche assicurano un utilizzo assolutamente privo di problemi, anche nelle applicazioni professionali.

LA FUNZIONE DEI PIN DI CONNESSIONE

Il modulo è dotato di 6 pin per il collegamento all'adattatore per la scheda Easy Pic, ovvero direttamente ad un microcontrollore, tramite opportuno cablaggio.

CONDIZIONI DI LAVORO

Naturalmente sono consigliate le solite norme di utilizzo per il corretto funzionamento e per la sua resa ottimale. L'ali-

mentazione del modulo può oscillare tra 2,5V e 3,3V ma per ottenere il massimo delle prestazioni dalle trasmissioni è opportuno alimentarlo con una tensione continua di 3V. La temperatura di lavoro può oscillare tra 0°C e 45°C, con una migliore resa a 25°C. Il superamento di tali limiti pregiudica di molto la resa, se non addirittura può provocarne il danneggiamento.

Figura 3: funzione dei pin di connessione.

Figura 4: l'adattatore per il collegamento.

Figura 5: l'adattatore collegato al modulo RBT.

L'ADATTATORE

Per poter effettuare agevolmente la connessione al sistema di sviluppo Easy Pic, il modulo viene fornito con uno speciale adattatore. Dispone di due connettori on board. Il primo, più grande con doppia piedinatura a passo 2,54 mm, serve per il collegamento alla scheda Easy Pic (solitamente sulla PORT-C). Il secondo ha la funzione di collegamento al modulo RBT. Al centro dell'adattatore è presente un *dip switch* formato da 8 interruttori, che selezionano il tipo di MCU utilizzato. Si deve prestare attenzione al fatto che, di questi otto interruttori, i primi quattro (da 1 a 4) selezionano il tipo di microcontrollore per la ricezione (RX), gli ultimi quattro (da 5 a 8) per la trasmissione (TX). Le possibili scelte effettuabili sono le seguenti:

- Pin 1-5: PIC;
- Pin 2-6: dsPICa;
- Pin 3-7: AVR-ARM-8051;
- Pin 4-8: dsPICb.

IL BLUETOOTH PER IL PC

Per poter effettuare le prime prove è necessario disporre di un adattatore Bluetooth di tipo USB per il personal computer. Occorre altresì avere installato correttamente il relativo driver fornito con la penna. Si leggano, a tal proposito, le istruzioni a corredo.

DOCUMENTAZIONE E PROGRAMMI DA SCARICARE

Per l'utilizzo ottimale del modulo RBT consigliamo di scaricare, anche dal sito di Fare Elettronica, un insieme di tutorial, manuali, documentazione e programmi di test che permettono di usare al meglio il sistema Bluetooth. Tra le possibilità offerte suggeriamo di prelevare dalla rete il seguente materiale:

- il documento rbt-001_ds (datasheet), in formato PDF che, in pochissime pagine, illustra le configurazioni migliori e la piedinatura del modulo;
- il documento rbt-001_manual, in formato PDF che, con le sue 80 pagine, fornisce una dettagliata visione del modulo, spiegando altresì, in maniera tecnica ed approfondita, le modalità di utilizzo a basso ed alto livello. Un manuale che non può mancare per lo sviluppo delle proprie applicazioni;
- il file compresso easybt_examples, in formato ZIP, che contiene tanti esempi di utilizzo, scritti per il Pic 16F877 ma trasportabili facilmente su altri microcontrollori. Gli esempi prevedono l'utilizzo sia dei display a 7 segmenti che il modulo Display LCD, quali monitor di visione e di controllo. Inoltre le prove sono realizzate utilizzando sia il linguaggio Basic che il linguaggio C;
- il programma di test e prova "Simply Blue Commander", che permette il collaudo delle applicazioni, sia in entrata che in uscita, ovvero in trasmissione e ricezione.

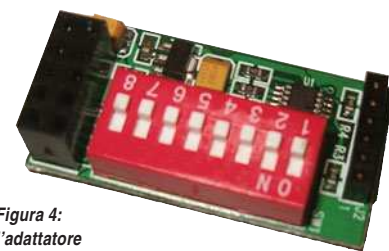



Figura 6: collegamento alla Easy Pic.

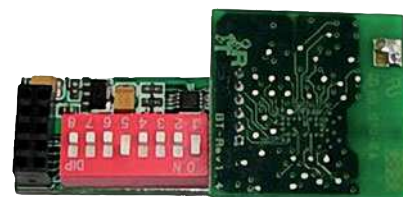



Figura 7: due classici adattatori Bluetooth USB (naturalmente non forniti).

IL SIMPLY BLUE COMMANDER

Analizziamo adesso il software che consente di testare e provare le applicazioni scritte. Il programma, funzionante su un Personal Computer dotato di qualsiasi sistema operativo Microsoft, consente di ricevere e trasmettere pacchetti di dati, attraverso il canale Bluetooth, tramite un'apposita chiavetta da installare sulla porta USB dello stesso PC.

Il programma

E' un software, creato dalla National Semiconductor, che ha lo scopo di inviare e ricevere pacchetti di dati con una linea seriale.

Nel nostro caso può essere utilmente impiegato in quanto, sia il PC che il microcontrollore, adottano tale bus per la transizione delle informazioni. Solitamente il programma riconosce il Bluetooth su USB attraverso la porta seriale COM40. Per l'utilizzo ottimale del software consigliamo di leggere l'allegato documento di testo README.TXT.

Configurazione

Per la corretta configurazione del programma, occorre seguire le seguenti istruzioni:

- selezionare il menù Configuration e scegliere la voce Transport Layer;
- selezionare il numero della porta seriale connessa al dispositivo e scegliere i relativi settaggi di connessione;
- accendere il modulo RBT e l'interfaccia su PC.

Le tre zone di lavoro

La finestra del programma è suddivisa in tre parti fondamentali, ognuna delle quali ha una sua funzione specifica:

1- Collezione dei comandi: si tratta di una struttura a directory, che elenca i comandi che possono essere trasmessi al modulo RBT. Naturalmente l'elenco può essere aggiornato costruendo in proprio i comandi personalizzati.

2- Monitor RX / TX: è una finestra di *log*, aggiornata continuamente ed in tempo reale, che mostra la transazione del flusso dati da e per il modulo RBT. Il valore dei bytes in transito è mostrata in senso discendente ed in formato esadecimale. Per ogni dato visualizzato è specificato anche il flusso in entrata (Rx) o in uscita (Tx).

3- Area di definizione Comandi o Dati: in queste caselle l'utente può scrivere manualmente il valore dei dati o dei comandi da inviare al modulo. Una sequenza di caratteri può costituire un nuovo comando, in questo caso lo si memorizzi premendo il tasto "Save bytes as command". Il dato da inviare può essere espresso direttamente attraverso un carattere ASCII (leggibile) o anche nel corrispondente codice ASCII. Quest'ultima ipotesi è utile se si desidera inviare caratteri non visualizzabili.

Figura 8: i files scaricabili dal sito.

Figura 10: la configurazione del Simply Blue Commander.

Figura 9: la schermata del Simply Blue Commander.

TABELLA 1: LA FUNZIONE DEI PIN DI CONNESSIONE

NUMERO PIN	NOME PIN	TIPO I/O	DESCRIZIONE
1	VCC	Input	Alimentazione DC (tipica 3 Volt)
2	RX	Input	Ricezione dati porta seriale (TTL)
3	TX	Output	Trasmissione dati porta seriale (TTL)
4	RTS	Output	Richiesta invio dati (segnale attivo basso)
5	CTS	Input	Clear to send (segnale attivo basso)
6	GND	-	Massa

Comandi e dati

Il modulo RBT può naturalmente processare sia comandi che dati. I comandi sono particolari sequenze di bytes che, analizzate e riconosciute da esso, vengono eseguiti secondo le relative specifiche.

Il file REAME.TXT

Per il pieno utilizzo del modulo è altamente consigliata la lettura del file readme.txt presente nella stessa cartella dell'applicativo. Esso illustra molto chiaramente i seguenti argomenti:

- installazione e configurazione del modulo;
- invio di un comando e relativo feedback;
- modifica dei parametri di settaggio del modulo RBT;
- impostazione e modifica del nome di dispositivo;
- modalità operative del modulo.

IL MODULO RBT PER LA TRASMISSIONE DATI

Vediamo adesso cosa occorre per approntare il software su microcontrollore. La procedura spiega come implementare il metodo per permettere la trasmissione da parte del modulo RBT. Nella fattispecie è

LISTATO 1

```
rem Listato 1
program trasmissione
USART_Init(9600)
while true
USART_Write("A")
        delay_ms(2000)
wend
end.
```

LISTATO 2

```
rem Listato 2
program ricezione
dim carattere as byte
USART_Init(9600)
trisb=0
portb=0
while true
  carattere =
USART_Read()
  if carattere=65 then
  portb=1
  end if
  if carattere=66 then
  portb=0
  end if
delay_ms(10)
wend
end.
```

Figura 11: le zone di lavoro del Simply Blue Commander

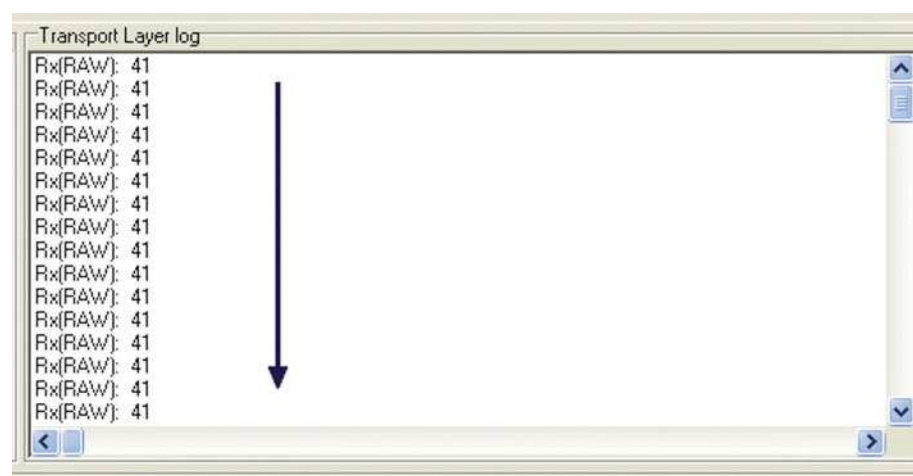



Figura 12: il Simply Blue Commander in ricezione.

sufficiente utilizzare i comandi per la gestione seriale, in Mikrobasic.

Il programma

Il **listato 1** è un esempio di invio continuato e senza fine di caratteri "A", alla cadenza di due secondi. Come si nota dal sorgente, peraltro semplicissimo, è sufficiente specificare la velocità della porta seriale (nell'esempio impostata a 9600 baud) e quindi inviare il carattere "A" in maniera continuativa.
Dal lato del PC, il Simply Blue Commander riceverà i pacchetti e li visualizzerà nel corrispondente formato esadecimale (carattere "A" = 65_{10} = 41_{16}).
Si noti il suffisso di ricezione RX **in figura 12**, attestante la modalità ricettiva del computer. La funzione USART_INIT inizializza il modulo seriale USART, alla velocità impostata come parametro. E' interessante notare che essa inizializza la comunicazione seriale, utilizzando la PORT-C del PIC, ed in particolar modo la porta RC6 in trasmissione e la porta RC7 in ricezione (schema in **figura 14**). Si noterà infatti che i due diodi led della Easy Pic contrassegnati con RC6 e RC7 sono continuamente coinvolti nella transazione.

IL MODULO RBT PER LA RICEZIONE DATI

Altrettanto semplice è l'implementazione della procedura di ricezione dati, da parte del modulo RBT. La connessione alle porte è naturalmente la stessa, rispetto a quella utilizzata per la trasmissione dati. Quella di riuscire a spedire un pacchetto dal proprio PC, e di farlo ricevere dal modulo RBT è sicuramente un'esperienza che darà molte soddisfazioni,

Il programma

Realizziamo allo scopo un piccolo prototipo che funziona come segue: se il PC trasmette il carattere "A" (valore Ascii

Figura 13: flusso dati relativo al listato 1.

Figura 14: le porte del Pic coinvolte nella comunicazione USART.

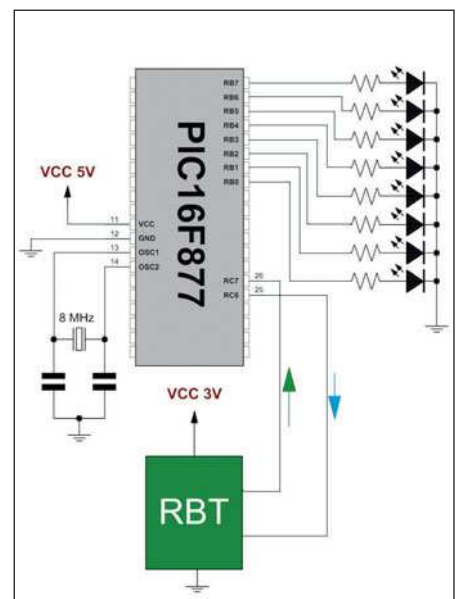



Figura 18: lo schema elettrico del quadro comandi (RX).

LISTATO 3

```
rem Listato 3

program trasmissione
dim temperatura as float
dim stringa as string[17]

USART_Init(9600)

USART_Write(12) 'Cancella schermo PC
USART_Write(7)  'RIproduce BEEP su PC

USART_Write(13) 'CR
USART_Write(10) 'LF
USART_Write(13) 'CR
USART_Write(10) 'LF
Usart_Write_Text("Controllo Remoto temperatura")
USART_Write(13) 'CR
USART_Write(10) 'LF
Usart_Write_Text("(aggiornato ogni 10 secondi)")
USART_Write(13) 'CR
USART_Write(10) 'LF
USART_Write(13) 'CR
USART_Write(10) 'LF

temperatura = 10.0
while true
   temperatura = temperatura+0.2  'incrementa di 0,2
   FloatToStr(temperatura,stringa)
   Usart_Write_Text("Misurazione temperatura: ")
   Usart_Write_Text(stringa)
   USART_Write(13)              'CR
   USART_Write(10)              'LF
   delay_ms(10000)              ' 10 secondi
wend
end.
```

65_{10} o 41_{16}), si accenderà un diodo led collegato alla porta RB0 del PIC, mentre se il PC trasmette il carattere "B" (valore Ascii 66_{10} o 42_{16}), esso si spegnerà. Il **listato 2** mostra il sorgente, molto semplice. Dopo le impostazioni della seriale e della porta in uscita, un ciclo infinito controlla ripetutamente il carattere eventualmente ricevuto in seriale. Se esso corrisponde al valore 65 ("A") si accenderà il diodo led, mentre se contiene il valore di 66 ("B") lo farà spegnere. La breve pausa di 10ms non è critica e potrebbe essere anche eliminata.

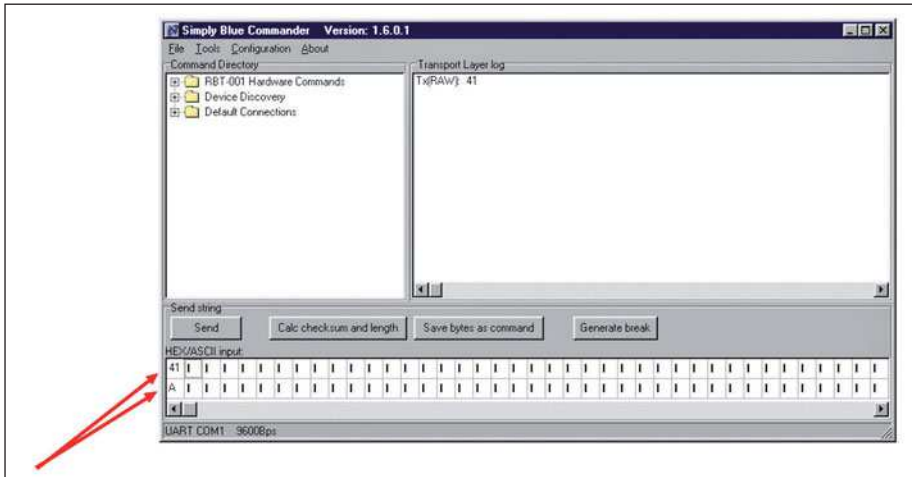



Figura 15: l'invio del carattere "A" verso il modulo RBT.

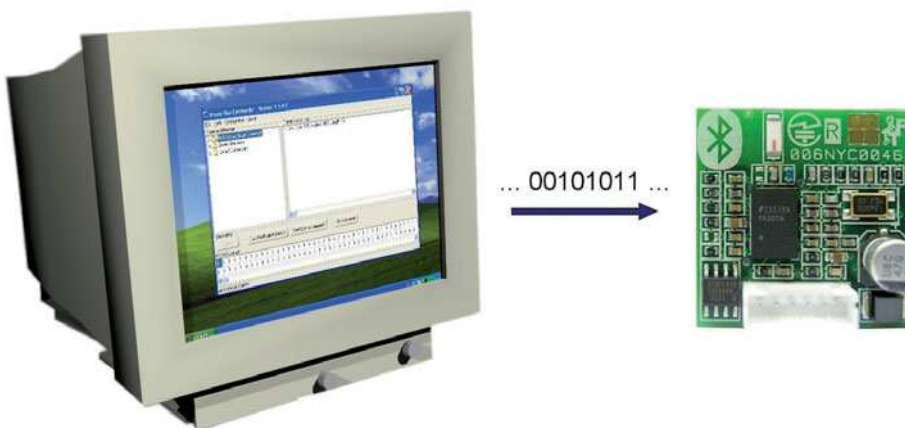



Figura 16: flusso dati relativo al listato 2.

Figura 17: l'Hyper Terminal in "ascolto" delle temperature.

LISTATO **4**

```
rem Listato 4

program ricezione

dim carattere as byte

USART_Init(9600)

trisb=0
portb=0

while true
  carattere =
USART_Read()

  if carattere=48 then
   portb=0
  end if
  if carattere=49 then
   portb=1
  end if
  if carattere=50 then
   portb=2
  end if
  if carattere=51 then
   portb=4
  end if
  if carattere=52 then
   portb=8
  end if
  if carattere=53 then
   portb=16
  end if
  if carattere=54 then
   portb=32
  end if
  if carattere=55 then
   portb=64
  end if
  if carattere=56 then
   portb=128
  end if
  if carattere=57 then
   portb=255
  end if

delay_ms(10)
wend

end.
```

TABELLA 2: ELENCO COMANDI PER MOLTEPLICI USI DA INVIARE AL MODULO RBT

DESCRIZIONE COMANDO	CODICE ASCII DA INVIARE AL MODULO RBT
Get Event Filter	02,52,4F,00,00,A1,03
Set Event Filter: No events reported, no UART break (full cable replacement)	02,52,4E,01,00,A1,03,03
Set Event Filter: No events reported, UART break generated and detected	02,52,4E,01,00,A1,02,03
Set Event Filter: Report all events but ACL link	02,52,4E,01,00,A1,01,03
Set Event Filter: Report all events	02,52,4E,01,00,A1,00,03
Change UART speed: 9600	02,52,23,01,00,76,03,03
Change UART speed: 19200	02,52,23,01,00,76,04,03
Change UART speed: 38400	02,52,23,01,00,76,05,03
Change UART speed: 57600	02,52,23,01,00,76,06,03
Change UART speed: 115200	02,52,23,01,00,76,07,03
Change UART settings: Parity EVEN, One Stop bit	02,52,48,02,00,9C,01,00,03
Change UART settings: Parity ODD, One Stop bit	02,52,48,02,00,9C,02,00,03
"Change UART settings: Parity NONE, One Stop bit	02,52,48,02,00,9C,00,00,03
Read Local Device Name	02,52,03,00,00,55,03
Set Local Name: Abcdefghi	02,52,04,0B,00,61,0A,41,62, 63,64,65,66,67,68,69,00,03
Reset	02,52,26,00,00,78,03
GIAC Inquiry	02,52,00,03,00,55,0A,00,00,03
LIAC Inquiry	02,52,00,03,00,55,0A,00,01,03
Remote Name Request	02,52,02,06,00,5A,FF,FF,FF,FF,FF,FF,03
Connect default connection 01	02,52,12,01,00,65,01,03
Store default con.	02,52,13,0A,00,6F,01,01,01, FF,FF,FF,FF,FF,FF,00,03
Get List of default con.	02,52,14,01,00,67,01,03
Delete default con.	02,52,15,01,00,68,01,03

Come inviare i caratteri dal PC

Utilizzando il programma Simply Blue Commander è possibile inviare al modulo RBT non solo comandi standard, ma anche stringhe di testo o singoli caratteri ASCII.
Nell'esempio appena visto, per inviare il carattere "A" è sufficiente digitare direttamente il carattere (sotto) o il relativo codice Ascii (sopra) nella zona situata in basso **(vedi figura 15)**.

UTILIZZARE L'HYPER TERMINAL DI WINDOWS

Fortunatamente, il Simply Blue Commander non è il solo applicativo capace di pilotare e gestire il modulo Bluetooth. Dal momento che esso, assieme alla penna USB del PC, utilizza appieno il protocollo seriale, può essere usata una vasta casistica di programmi. Tra i tanti disponibili menzioniamo l'Hyper Terminal di Windows.
Vediamo, con dei semplici esempi, come sia possibile implementare una comunicazione punto a punto, con il collegamento a distanza tra modulo RBT e Personal Computer.

UN PROTOTIPO DI TERMOMETRO A DISTANZA (TX)

Proponiamo allo scopo un esempio teorico, per dimostrare come l'Hyper Terminal sia in grado di leggere e riprodurre perfettamente i dati inviati dal modulo RBT. Si tratta di una versione sperimentale (e non funzionante…) di un termometro a

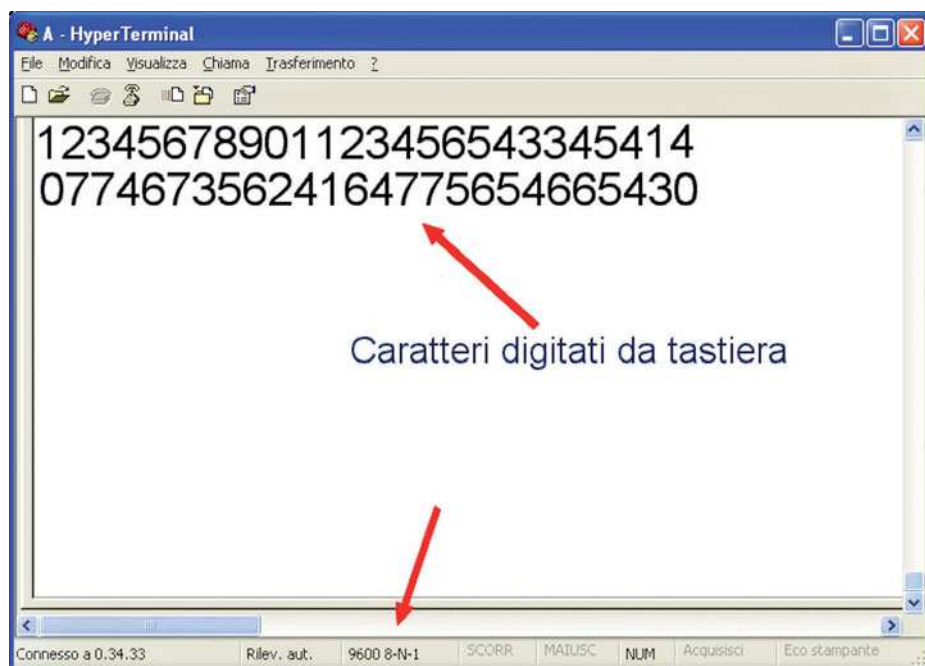



Figura 19: l'Hyper Terminal che pilota il quadro comandi.

distanza. Il microcontrollore si occupa della rilevazione della temperatura, attraverso un sensore idoneo (tipo LM35), e della relativa conversione A/D a 10 bit. Il software, tramite modulo RBT, provvede a codificare e trasmettere i dati al PC, il quale li riceverà e visualizzerà attraverso il software di comunicazione. Naturalmente il prototipo proposto non sarà in grado di misurare realmente la temperatura (per la quale rimandiamo il lettore ad appositi nostri spazi) ma si limita ad incrementare un valore fittizio ogni 10 secondi. La **figura 17** mostra la videata del programma del computer, durante la ricezione delle "false" temperature. Si ricordi di configurare la velocità del programma e quella del modulo RBT con i medesimi parametri.

Il programma

Il codice sorgente, contenuto nel **listato 3**, contiene tutta la parte della gestione del prototipo. Naturalmente, come detto prima, il programmatore deve provvedere a sostituire manualmente l'incremento fittizio della temperatura con un'altra routine realmente funzionante ed in grado di misurare effettivamente la temperatura, o un'altra grandezza analogica (vedi articoli precedenti).
E' importante notare la presenza di alcuni caratteri "speciali" del codice Ascii, grazie ai quali è possibile ottenere vari "effetti" tramite l'Hyper Terminal (o altro software equivalente, come il Telix). Essi sono i seguenti:

- USART_Write(12) invia al PC un comando per la cancellazione dello schermo (codice Ascii 12);
- USART_Write(7) invia al PC il comando per la riproduzione di un BEEP (codice Ascii 7);
- USART_Write(13) con USART_Write(10) inviano un ritorno a capo (CR+LF = codice Ascii 13 e 10).

UN QUADRO COMANDI AL PC (RX)

Esaminiamo infine la funzione opposta, ossia quella della ricezione dei dati. L'esempio che segue realizza un semplice pannello comandi, utilizzabile da PC, che può accendere o spegnere alcuni diodi led presenti sulla Easy Pic.

Il circuito

Come si vede in **figura 18**, lo schema è identico a quello utilizzato per i precedenti esperimenti, con la sola differenza dell'aggiunta di 8 diodi led, sulla PORT-B. Premendo i tasti numerici dallo 0 al 9 del PC, si può comandare l'accensione dei led. In particolare, i tasti dall'1 all'8 accendono i rispettivi led, il tasto 9 li illumina tutti e il tasto 0 li spegne. Studiate bene il **listato 4** che oltre ad essere molto semplice, permette la piena comprensione della filosofia di comunicazione con il modulo.

Il programma

Il **listato 4** contiene il sorgente del ricevitore. In un ciclo infinito, alla cadenza di 10 millisecondi, viene controllata la porta seriale del Pic, aspettando un valido carattere proveniente dal Personal computer.
Se il carattere in questione è riconosciuto, il relativo Led si illumina. I comandi da impartire al PC tramite Hyper Terminal sono i seguenti:

- Tasto 0: spegne tutti i led;
- Tasto 1: accende il primo led;
- Tasto 2: accende il secondo led;
- Tasto 3: accende il terzo led;
- Tasto 4: accende il quarto led;
- Tasto 5: accende il quinto led;
- Tasto 6: accende il sesto led;
- Tasto 7: accende il settimo led;
- Tasto 8: accende l'ottavo led;
- Tasto 9: accende TUTTI i led.

CONCLUSIONI

Il modulo RBT presentato in queste pagine è indubbiamente utile per la realizzazione di quelle applicazioni che richiedono un comunicazione a distanza tra due dispositivi. Con esso è possibile collegare virtualmente un microcontrollore con il personal computer o addirittura con un telefono cellulare.
Pensate ad esempio quelle applicazioni che richiedono una transazione di informazioni a distanza, quali termometri, centraline di rilevamento o simili. Può anche essere utilmente usato per comandare carichi elettrici distanti (luci, utilizzatori vari) senza che l'utente sia a diretto contatto con questi, rispettando comunque quella che è la portata massima della trasmissione Bluetooth.
L'articolo ha trattato gli argomenti base del modulo in oggetto ma il lettore, unendo le proprie conoscenze alle tecniche di programmazione, saprà realizzare i prototipi più disparati, per adattarli perfettamente alle proprie esigenze. ❑

CODICE MIP 500169

di ROSSANO ZANARDI

In autostrada si è costretti, a volte, ad effettuare rapide frenate per gli improvvisi rallentamenti che si presentano. Le luci degli “STOP” e la visione del mezzo che ci precede, non sempre forniscono l’esatta percezione della decelerazione in atto, per cui è facile che si creino le condizioni per un tamponamento. Se invece, contemporaneamente alla frenata, accendiamo anche le luci lampeggianti di emergenza, avvisiamo senza incertezze chi ci segue, che la nostra auto si sta fermando; attivarle significa però premere il relativo interruttore distogliendo inevitabilmente l’attenzione dalla guida. Il circuito proposto, rende automatico questo processo. Quando il dispositivo avverte una frenata sostenuta, di almeno 0.5g, (0,5 volte l’accelerazione di gravità che è pari a 9,8m/s^2) attiva immediatamente le sei lampade degli indicatori di direzione e le spegne quando il mezzo ricomincia ad accelerare, a 0.2g, riprendendo velocità. Il rivelatore di decelerazione, che con un PIC16F84 rappresenta il cuore dell’apparecchiatura proposta in queste pagine, è l’accelerometro SCA610-C28H1G della VTI Technologies, acquistabile presso Distrelec.

L’ACCELEROMETRO

L’Accelerometro è un trasduttore, che trasforma una accelerazione, o meglio la forza conseguente ad una accelerazione, in un segnale elettrico ad essa proporzionale. E’ essenzialmente costituito da due parti: l’elemento sensibile e l’interfaccia elettrica. L’elemento sensibile all’accelerazione, può essere di tipo piezoelettrico, piezoresistivo o a variazione di capacità. L’interfaccia elettrica può essere con uscita analogica o digitale. L’Accelerometro utilizzato in questo progetto, è a “Variazione di Capacità” con uscita analogica, cioè il suo elemento sensibile provoca la variazione di una capacità, se sottoposto ad una accelerazione, e l’interfaccia elettrica distribuisce una tensione di uscita, Vout, proporzionale a questa variazione. Quindi Vout è proporzionale alla accelerazione applicata. L’SCA610-C28H1G è contemporaneamente un rivelatore bidirezionale di accelerazione e di

inclinazione. In **figura 1** è indicato lo schema dei suoi collegamenti più significativi. Nella **tabella 1** troviamo la funzione dei Pin e le caratteristiche elettriche del sensore che è un integrato voluminoso: misura infatti, compreso l'ingombro dei Pin, ben 10,5x11,3 mm e si salda direttamente sulle piste del circuito stampato. Le misure "generose" del componente rendono agevole questa operazione.
La **tabella 1** indica i valori fondamentali di Offset, Sensibilità, Range di misura.
La **figura 2**, fornisce un aiuto interessante per la loro comprensione.

- Tensione di Offset = 2.5 V: è la Vout misurata in posizione perfettamente orizzontale e a 0 g, come si evince dalla **figura 2** e dalla **tabella 1**.
- Sensibilità = 1.2V/g: rappresenta l'incremento/decremento di Vout, quando il sensore subisce una inclinazione di ± 90° o ± 1 g.
- Range di misura = ± 1,7 g: rappresenta i valori max e min. di (g) che il sensore può misurare. Ciò determina i valori limite di Vout, che oscillerà fra 0.5 V e 4.5 V.

L'accelerazione viene definita come la variazione del vettore velocità in un certo intervallo di tempo. Cioè $a=\Delta v/\Delta t$. Una forza costante, se applicata ad un corpo di massa *m,* gli conferisce una accelerazione, secondo l'equazione $a=F/m$, da cui si può ricavare il valore di $F = m*a$. Anche il nostro peso è una forza: è la forza (Fp), che viene esercitata sul nostro corpo di massa (m) dalla accelerazione di gravità (g): Fp= m*g in cui $g = 9.81\ m/sec^2$. Per convenzione un qualsiasi oggetto sottoposto ad una accelerazione/decelerazione di $9,81\ m/sec^2$, viene indicato come accelerato o decelerato, a *1g.* Un esempio: un'auto lanciata a 100Km/h e frenata a 1g, si ferma in circa 38 metri.
Il corretto montaggio del SCA610-C rispetto al moto del veicolo, è indicato in **figura 3**. La freccia stampata sul componente indica la retta su cui giace la direzione di utilizzazione del moto (nel nostro caso lungo l'asse X). Osservando anche la descrizione di **figura 2** si intuisce che, procedendo nel verso A e decelerando bruscamente di 1g, si ottiene l'effetto di portare Vout da 2.5 V→ 3.7V. I segni (-) e (+) accanto a g indicano quindi il verso della accelerazione. Le altre funzionalità del circuito proposto, sono:

1- Dopo l'accensione e durante la marcia, il software esegue un controllo dell'accelerometro e del circuito comparatore associato, segnalando al conducente una eventuale anomalia con l'accensione al rosso del Led posto sul cruscotto.

2- Il circuito, con i contatti in chiusura di RL1, si sostituisce all'interruttore di emergenza, come si nota in **figura 4**, ma può generare anche un segnale a 1.5 Hz, in grado di pilotare direttamente le lampade interessate **(figura 16)**.

3- E' sempre possibile, con il pulsante ausiliario I2, avviare e spegnere manualmente l'intermittenza.

Figura 1: collegamenti del SCA610-C28H1G.

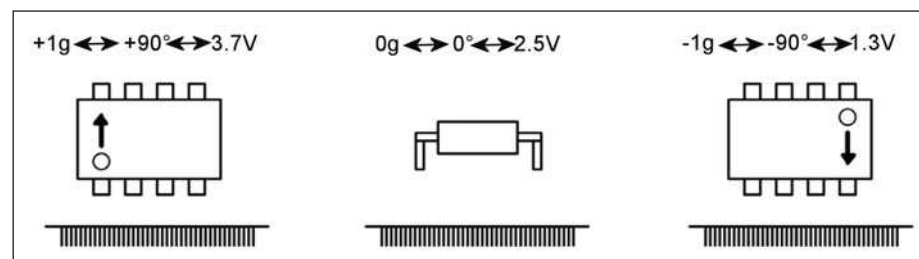



Figura 2: risposta dell'accelerometro determinata da una inclinazione o da una accelerazione. In questa figura, è descritta l'equivalenza esistente fra angolo di inclinazione e valore di g.

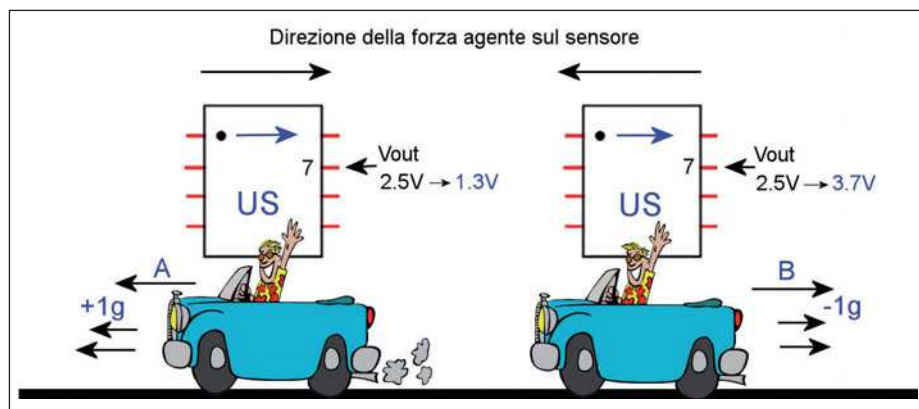



Figura 3: direzione di applicazione delle forze di accelerazione e decelerazione; variazione della Vout del SCA610, sottoposto a ± 1g.

DESCRIZIONE DELLO SCHEMA ELETTRICO

Lo schema **(figura 6)** è unico, diviso in due parti: nella parte racchiusa da un tratteggio, è raffigurato lo schema del circuito rivelatore di ± g. Il connettore P1 è collegato al connettore P2 della scheda PIC, la chiamiamo così, da un cavetto a 4 conduttori; riceve l'alimentazione a +5Vdc, fra i contatti (2) e (1). ICS riceve l'alimentazione, livellata dalla capacità C17, fra i Pin (8) e (4). La Vout è prelevata dal Pin(7), filtrata dalla cella R31-C18, giunge a P1 e P2 sul contatto (3), mentre il contatto(4) degli stessi porta al Pin(6) del sensore la tensione di Test. Questo Test si effettua forzando il Pin(6) a +5V. Ora veniamo alla descrizione della Scheda PIC. La tensione a +12Vdc dell'auto è presente sui

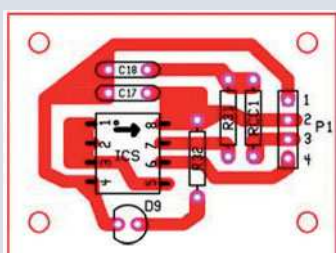



Figura 6: piano di montaggio dei componenti sulla scheda accelerometro (scala 1:1).

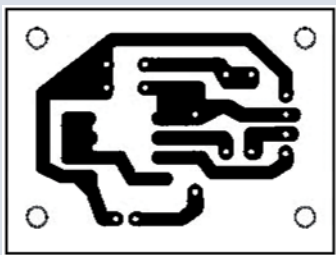



Figura 7: PCB Scheda accelerometro lato componenti (scala 1:1).

LISTA COMPONENTI

R31	1.5 KΩ 1/4W
R32	680 Ω 1/4W
RCC1	Resistenza
	di C.C. a 0 Ω
C17-C18	0.1uF 63 V Poliestere
D3	LED 3 mm
ICS	Accelerometro
	SCA610-C28HG1
	cod.Distrelec: 245234
P1	Connettore
orizzontale M/F	Tipo AMP Modu II
	da C.S. a 4 ct/90

accelerometro

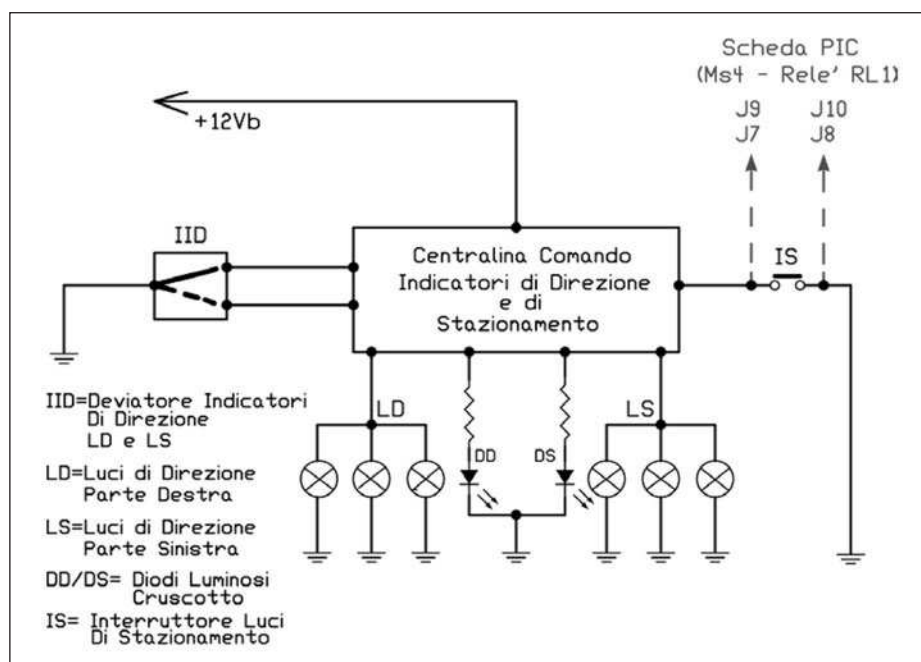



Figura 4: schema di principio di una moderna centralina per indicatori di direzione e luci di stazionamento.

punti J3 e J4 della morsettiera Ms1. Chiudendo l'interruttore I1, si alimenta l'integrato IC1, che è un regolatore di tensione a +5 Volt, tramite F1, R1, D1. La serie R1-D1 toglie circa 3 Volt all'ingresso di IC1, limitando il salto di tensione fra ingresso e uscita. La configurazione circuitale di questo stadio è quella classica con le capacità C1-C2-C3-C4.Il Led D2, all'uscita di IC1, è acceso dai 5 Volt stabilizzati. Il PIC è alimentato tramite L1 e C5, che formano un piccolo filtro per l'alimentazione. R3 e C7, gli forniscono un clock di circa 3 Mhz, e R4 e C8 costruiscono l'impulso di reset del Micro, all'atto dell'accensione. La funzione delle Porte IN/OUT utilizzate dal PIC, è spiegata nella tabella 2. Gli amplificatori operazionali IC4a e IC4b ricevono direttamente dall'SCA610-C, la tensione Vout, che deve essere interpretata dal PIC; vediamo come: IC4a e IC4b sono cablati come comparatori. Con le resistenze R23, R24 e R25 si determina sul Pin(3) e quindi sul Test-Point (TP2) una tensione di circa 3.1 Volt. La tensione ai capi dell'altro ingresso il Pin(2) è la Vout di ICS, che normalmente è di 2,5Volt. Essendo l'ingresso non invertente a potenziale più alto dell'ingresso invertente, all'uscita di IC4 avremo un valore di tensione (alto), vicino cioè alla tensione di alimentazione. Questa tensione tramite D7 e Q5 viene applicata con il concorso della cella R12/C11 alla Porta RB6 del PIC. Una frenata decisa farà aumentare la tensione su TP1 ad un valore superiore al valore di soglia prefissato e l'uscita di IC4a, il Pin(1), commuterà con precisione e velocità ad un valore basso, che sarà interpretato dal PIC come (0) logico. Questo valore dice al PIC che l'auto sta frenando decisamente e che bisogna avvisare chi ci segue, attivando il lampeggiatore di emergenza. Questa condizione è gestita da RB4, che, portandosi ad un livello di tensione alto (+5Vdc), ecciterà RL1 tramite R17 e Q3, un transistor Darlington un pò sottoutilizzato.L'eccitazione di RL1 chiude i contatti J7/J8 e J9/J10 presenti sulla morsettiera Ms4. Se due di questi, poniamo J7 e J8 sono collegati in parallelo al pulsante del lampeggiatore di emergenza, provocheranno l'attivazione automatica dell'intermittenza. Ora si può attendere 20 sec. dopodiché il ciclo si chiude con RB4 che va a (0), causando la diseccitazione di RL1, oppure, prima dello scadere dei 20 Sec., premendo un istante il pulsante I2, oppure, accelerando con un valore [3] di 0.2g. Questa possibilità è gestita da IC4b. Sull'ingresso (5) e quindi sul Test-Point (TP3) è presente una tensione stabilizzata di circa 2,3 Volt, determinata da R28, R27 e

Figura 5: schema elettrico.

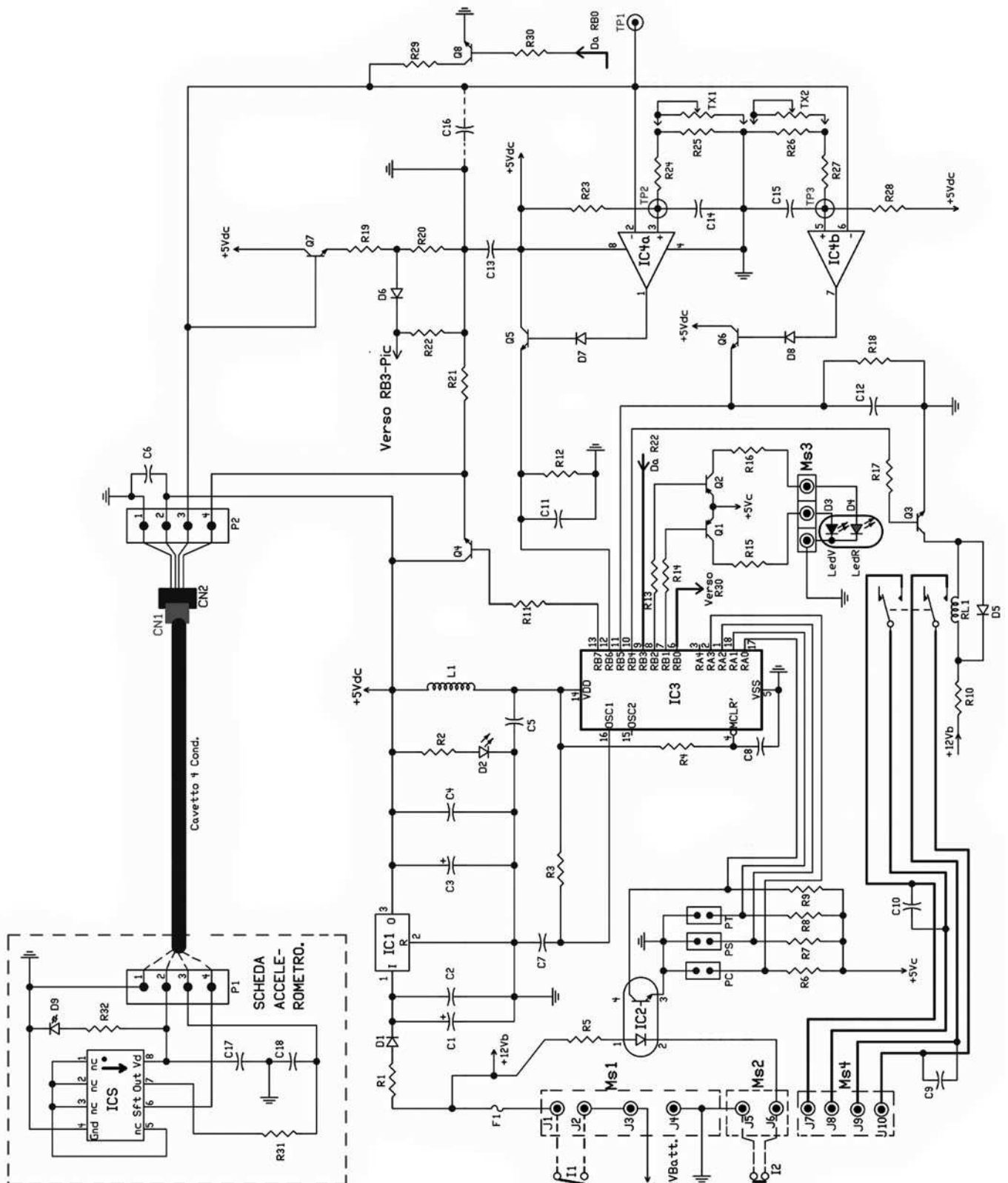
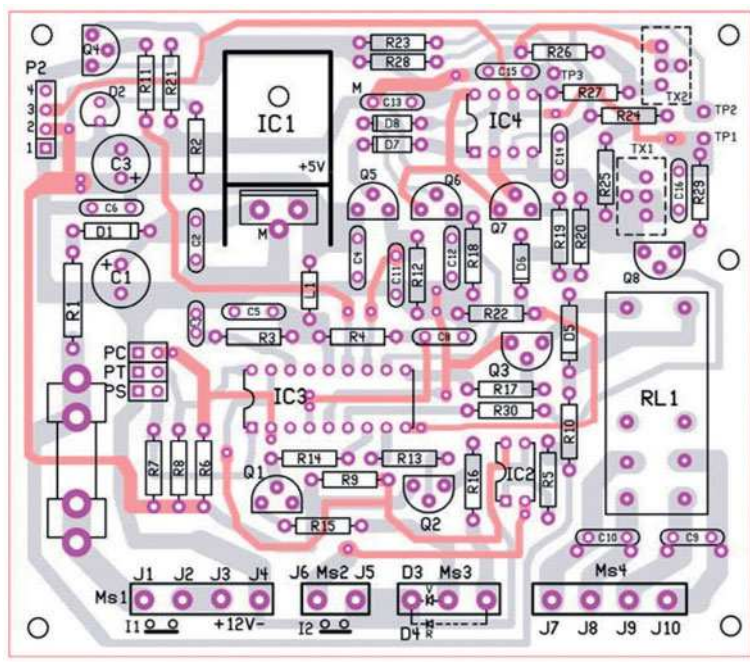



Figura 10: piano di Montaggio componenti scheda PIC (scala 1:1).

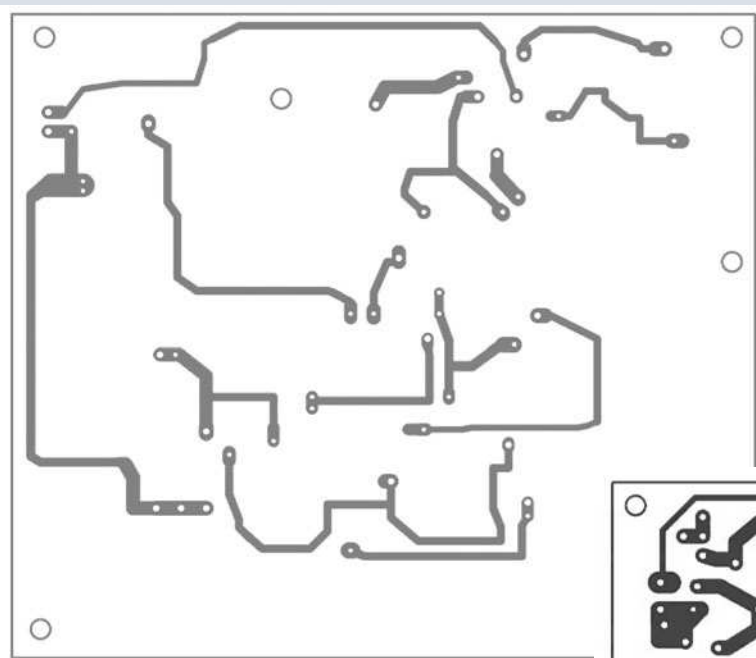
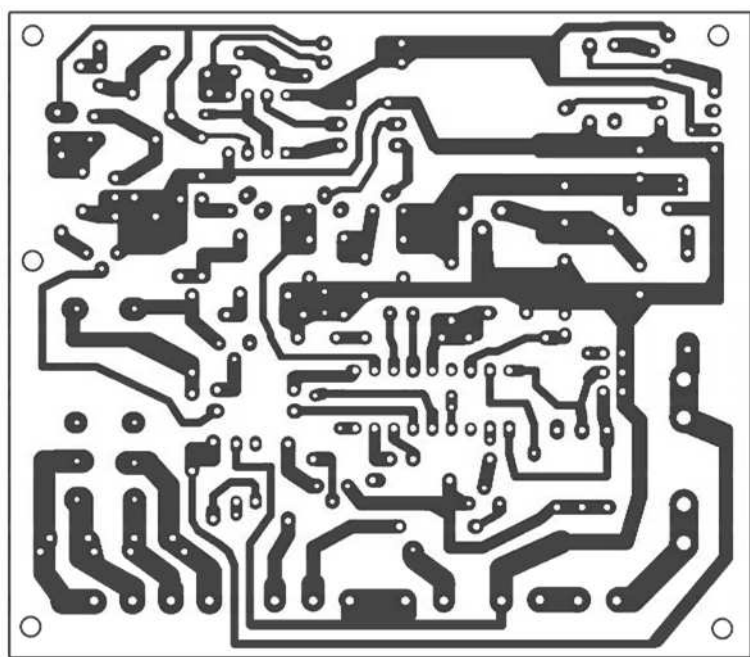



Figura 11: PCB lato rame scheda PIC (scala 1:1).

Figura 12: PCB lato componenti scheda PIC (scala 1:1).

LISTA COMPONENTI

R1	47 Ω 1/2W
R2-R9-R12-R18-R21	470 Ω 1/4W
R3-R4-R11-R22-R30	4.7 K 1/4W
R5-R6-R7-R8-R28	1 K 1/4W
R10	33 Ω 1/4W
R13-R14-R17	10K 1/4W
R15-R16-R20	330 Ω 1/4W
R19	150 Ω 1/4W
R23	1.8K 1/4W
R24	2.7K 1/4W
R25	47 Ω 1/4W
R26	270 Ω 1/4W
R27	560 Ω 1/4W
R29	1.5 K 1/4W
C1	1000 μF 25 V Elettrolitico
C2-C4-C5-C6-C13-C14-15-16	0.1 μF 63 V Poliestere
C3	470 μF 16 V Elettrolitico
C7	22 pF 63 V Ceramico
C8	0.47 μF 63 V Poliestere
C9-C10	0.1 μF 100 V Poliestere (vedi testo)
C11-C12	0.01uF 63 V Poliestere
D1-D5	1N4001 o equivalente
D2	LED 3 mm
D3/D4	LED bicolore R/V a catodo comune
D6-D7-D8	1N4148 o equivalente
Q1-Q2 transistor PNP	BC 557 o equivalente
Q3 transistor darlington NPN	BC 517 o equivalente
Q4-Q5-Q6-Q7-Q8 Trans. NPN	BC 547 o equivalente
IC1	L7805 Stabilizzatore a 5 Vdc
IC2 Fotoaccoppiatore	TLP621
IC3 Microprocessore	PIC16F84
IC4a/b doppio amplif. operaz.	TL072 o equivalente
L1	220μH 250mA
RL1	Relè 12 V/5 A 2 Scambi per C.S.
Ms1-Ms2-Ms3-Ms4	Morsettiere a 2 - 3 - 4 poli
F1 fusibile	0.8 A con portafusibile 5 X 20
P2 connettore verticale M/F	Tipo AMP Modu II da C.S. a 4 ct/Vert.
CN1 connettore volante	Tipo MIKE 4 contatti, femmina
CN2 connettore maschio	Tipo MIKE 4 contatti,da Pannello
TX1 - TX2 Trimmer verticali	100 - 500 Vedi testo

Figura 13: fase di collaudo. Variando l'inclinazione dell'accelerometro si provoca l'eccitazione o la diseccitazione di RL1.

Figura 10: particolare dell'accelerometro nel proprio contenitore.

TABELLA 1:LA FUNZIONE DEI PIN E LE CARATTERISTICHE ELETTRICHE DEL SENSORE DI ACCELERAZIONE

PIN	FUNZIONE	CARATTERISTICHE SCA610-C28H1G	VALORE	UN.
8	Vdd	Tensione d alimentazione (Vdd)	4.75 - 5.25	V
7	Vout	Segnale in Uscita (Vout)	0.5 - 4.5	V
6	St	Selft Test	5.0	V
4	Gnd	Offset Vout	2.5	V
1	Libero	Sensibilità	1.2	V/g
2	"	Range di misure	±1.7	g
3	"	Ic Max (a 5V.)	2	mA
5	"	Temp. di Funzionamento	- 40 +125	°C

TABELLA 2: LA FUNZIONE DELLE PORTE I/O UTILIZZATE DAL PIC

RB7	Attiva il test del SCA610-C
RB6	Riceve il segnale da IC4a (decelerazione ≥ di 0.5 g.)
RB5	Riceve il segnale da IC4b (accelerazione ≥ di 0.2 g.)
RB4	Eccita il relè RL1
RB3	Riceve da Q7 il test del sensore.
RB2	Comanda il Led rosso
RB1	Comanda il Led verde
RB0	Alimenta Q8 per valutare l'integrità di IC4b.
RA3	Interpreta la posizione ON/OFF del jumpers PC
RA2	Interpreta la posizione ON/OFF del jumpers PS
RA1	Interpreta la posizione ON/OFF del jumpers PT
RA0	Interpreta la posizione ON/OFFdel pulsante I2

CN1

Figura 9: SCA610-C completo di contenitore, cavetto a 4 conduttori e connettore Mike (femmina volante).

R26. Quando si accelera, la tensione su TP1 si può abbassare ad un valore al di sotto di questa soglia prefissata, facendo commutare l'uscita di IC4b da un livello logico basso ad un livello logico alto, che, applicato a RB5 del PIC tramite D8, Q6 e R18/C12, determina l'azzeramento dell'uscita RB4 e la conseguente diseccitazione di RL1. Le funzioni dei jumpers PC, PS, PT, sono indicate nella **tabella 3**. Se sulla scheda sono attivi più jumpers, viene generato un segnale di errore con il lampeggio veloce del Led rosso. All'accensione, il PIC esegue un controllo del sistema, controllando dapprima l'integrità del circuito del Led bicolore (D3/D4), ponendo a (0) le uscite RB2 e RB1. I transistor Q1 e Q2 accenderanno rispettivamente LedV e LedR, per generare una luce gialla. Indi controlla il sensore SCA610-C: RB7 viene posta +5Volt, si polarizza Q4, che trasferisce la tensione di Test , sul Pin(6), tramite i contatti (4) di P2 e P1. Se l'SCA610-C è integro, risponde portando la Vout da 2,5 a 5Volt. Questa variazione di tensione, viene trattata da Q7, con R19, R20, D6, R22, in modo tale da portare RB3 ad un potenziale riconosciuto come (alto); in condizioni di normale funzionamento, infatti, con Vout a 2,5V o superiore, per effetto dell'azione limitante del circuito di Q7 appena descritto, non si riesce a sbloccare RB3. Conseguentemente anche l'uscita (1) di IC4a, commuta da alto a basso fornendo così a RB6 e al PIC la prova della efficienza della catena formata da IC4a, D7, Q5, R12, C11. Rimane da descrivere la funzione del transistor Q8, che viene interessato quando è attivo il software di "Manutenzione". Se la RB0 viene portata a livello logico (alto), si pone in conduzione il transistor Q8, che, tramite R29, pone a massa TP1. Gli ingressi (2) e (5) di IC4 subiscono una riduzione di potenziale da 2.5 V a circa 1.4 V. Per IC4a non ci sono variazioni in quanto sul Pin(3), TP2, è già presente una tensione più alta, ma per IC4b c'è una variazione sostanziale, in quanto il potenziale sull'ingresso() diventa inferiore al potenziale dell'ingresso(+), causando la commutazione dell'uscita, pin(7), verso il potenziale di alimentazione a +5V. RB5 percepisce questa

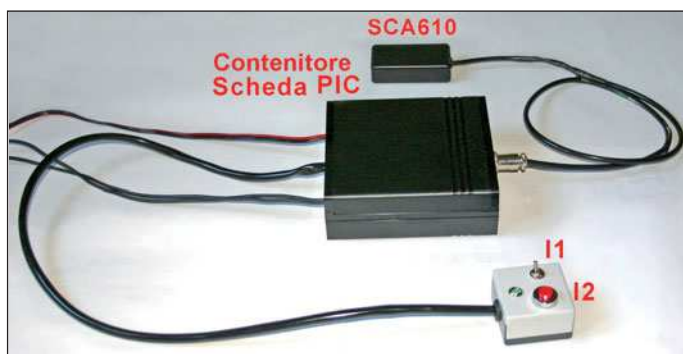



Figura 14: dispositivo completo: Contenitore SCA610-C, contenitore scheda PIC e pannello di comando da posizionare sul cruscotto.

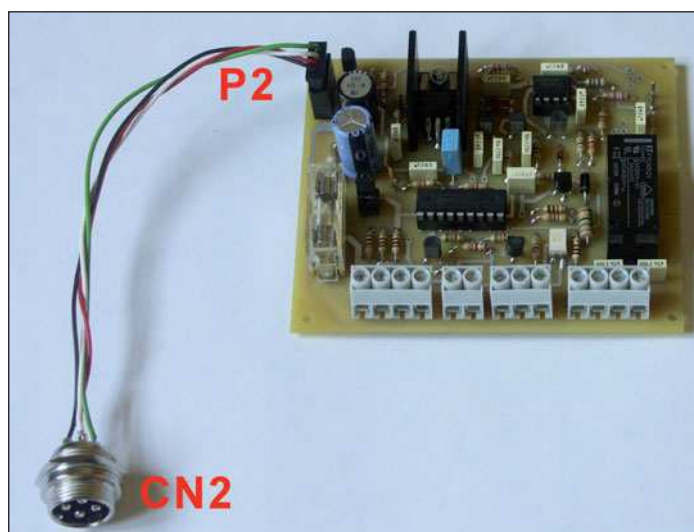



Figura 15: prototipo della scheda PIC, con i connettori CN2 e P1.

variazione e così il Micro viene informato dell'integrità del circuito formato da IC4b, D8, Q6, R18, C12.

MONTAGGIO

Il circuito è stato diviso in due parti; la prima abbastanza piccola è quella del sensore. In **figura 6** e **7** sono rappresentati rispettivamente il piano di montaggio ed Il CS lato componenti di ICS. La saldatura di ICS sulle piste non è difficile. I pochi altri componenti, possono essere montati nella parte opposta a quella delle piste; attenzione al connettore P1, che, se rivoltato, ha l'inversione dei contatti. La **figura 8** è la foto del prototipo nel suo contenitore e in **figura 9** è rappresentato con il cavo di collegamento e il connettore femmina tipo Mike (CN1). Io ho utilizzato, anche per la scheda del SCA610-C, un circuito a doppia faccia; chi lo preferisse, può scaricare dal sito di FE i disegni del PCB lato componenti e lato rame in scala1:1. Il connettore P1 è un connettore Maschio/femmina tipo AMP Modu II da C.S. a 4 contatti con montaggio in orizzontale **(figura 8)**. Utilizzando questa versione si limita lo sviluppo in altezza del contenitore. Il montaggio dei componenti sulla scheda PIC, di cui in **figura 10**, **11** e **12** sono rappresentati rispettivamente il piano di montaggio, il PCB lato rame ed il PCB lato componenti, non riveste particolari difficoltà. Il fotoaccoppiatore IC2 ed il relè RL1 andranno saldati direttamente sul CS, per una solidità ottimale, mentre L'Op.IC4 e necessariamente il PIC, saranno montati su zoccolo. L'Integrato IC1 è meglio dotarlo di dissipatore. Il connettore P2, è il tipo AMP Modu II Maschio da C.S. a 4 contatti, con montaggio in verticale. Nel mio prototipo, al relativo connettore femmina, è allacciato un cavetto a 4 conduttori variamente colorati, saldati ad un connettore maschio da pannello tipo MIKE (CN1) a 4 contatti, montato sul contenitore della scheda PIC **(figura 15)**. Le resistenze R25 e R26 è meglio non saldarle definitivamente, poiché in fase di collaudo, potrebbe essere utile sostituirle con i trimmer TX1 e TX2, per avere le giuste tensioni sui punti TP2 o TP3 e determinare quindi il loro esatto valore. E' prevista anche la possibilità di inserire due capacità (C9-C10) fra i contatti di RL1, per limitarne lo scintillio durante il funzionamento intermittente. Una volta montati i componenti su entrambe le schede e collegate con i connettori, si può procedere all'allacciamento di I1, I2 e D3/D4 alle morsettiere Ms1 e Ms2. Io ho preferito installare questi componenti in un'altra scatolina **(vedi la foto di figura 14)**. Una volta terminati questi collegamenti e inserito il PIC programmato nel suo zoccolo, si può procedere al collaudo al banco di tutto l'insieme.

Collaudo

Alimentiamo la scheda PIC, portando 12V. nei punti J3,J4 di Ms1. Per attivare il software di collaudo, la cui descrizione dettagliata è nel file Word scaricabile dal sito di FE, chiudere il jumpers PC, e accendere con l'interruttore I1; si illumineranno i Led D2 e D9, a riprova che entrambe le schede sono correttamente alimentate. Indi il Led D3/D4 si accenderà dapprima al GIALLO e poi al VERDE. Il software di collaudo è importante, perché permette di controllare rigorosamente la tensione Vout su TP1, al variare dell'inclinazione del sensore.

Software

Il software, implementato nel PIC, è stato diviso in tre parti: Collaudo, Servizio, *Manutenzione:*

- Collaudo: aiuta a verificare il corretto funzionamento del circuito, dopo Il montaggio dei componenti.
- Servizio: gestisce le funzionalità del dispositivo durante la marcia del mezzo.
- Manutenzione: fornisce indicazioni per la riparazione di un guasto.

Il software di manutenzione è di aiuto nell'individuazione della parte di circuito difettosa, nel caso che il Led bicolore, illuminato al ROSSO, abbia ***segnalato un guasto. Si attiva chiudendo il jumpers PT*** (il funzionamento è descritto nel file word, scaricabile dal sito di FE). Il software di servizio è invece in funzione durante l'uso dell'auto. Per attivarlo, i Jumpers PT e PC devono essere aperti. Effettuando una misura su TP1 si noterà la sua variabilità, che è funzione della prova del trasduttore, che il PIC effettua ogni secondo. Inclinando il contenitore dell'accelerometro si eccita RL1,che si diseccita inclinandolo nel verso opposto **(figura 13)**. Premendo I2 si ottiene lo stesso risultato. Se il Led D3/D4 si illumina al rosso, rivela un guasto alla sezione del SCA610-C. In figura 16 è rappresentata la foto di un prototipo della scheda PIC.

INSTALLAZIONE SULL'AUTO

Se tutte le prove e i collaudi al banco sono positivi, non resta altro che effettuare i collegamenti sull'auto.
Nel mio caso, sia la scatola del sensore, che quella della scheda PIC, sono stati installati nel vano motore. La foto di un prototipo completo di tutti gli elementi costitutivi, è indicata in **figura 14**. Nell'abitacolo dell'auto ho montato il pannellino **(figura 14)** con il Led bicolore, l'interruttore generale I1 ed il pulsante per il comando manuale I2. Per servire il Led D3/D4, I1 e I2, ho utilizzato 7 fili variamente colorati, infilati in una guaina di diametro adatto. L'operazione più dispersiva è trovare la via per raggiungere il vano motore dall'abitacolo. Ogni auto ha la sua. Fatto questo, bisogna installare la scatoletta del sensore, nella posizione più orizzontale possibile, misurando eventualmente la Vout su TP1. Allacciare i cavetti provenienti dall'abitacolo rispettivamente alle morsettiere Ms3 (Led bicolore), Ms2 (I2), Ms1(I1). Ora bisogna trovare la centralina che comanda l'intermittenza delle luci di direzione, e collegare in parallelo ai fili,che vengono dall'interruttore rosso, posizionato sul cruscotto, due fili provenienti dai punti J7, J8, opp. J9, J10 della morsettiera Ms4. E' possibile, come già specificato, sostituirsi alla centralina, chiudendo il jumpers PS, ma in questo caso bisogna collegare l'uscita della scheda PIC, come da **figura 16**, direttamente sulle lampade indicatrici di direzione, che verrebbero gestite da due centraline, con il rischio di possibili danni, per cui usare prudenza. Sulla mia Opel Corsa di 4 anni, però, questa è risultata la soluzione ottimale. Infatti, per raggiungere il cablaggio dell'interruttore di emergenza, bisogna smontare buona parte del cruscotto ed è risultato quindi più facile accedere ai fili di alimentazione delle lampade indicatrici di direzione. Collegandosi in parallelo alla lampada anteriore sinistra e destra, si comandano anche le altre. Rimane da collegare l'alimentazione a +12Vdc dell'auto alla morsettiera Ms1 (ed ev.Ms4) della scheda PIC. Io ho utilizzato un punto del cablaggio nella scatola Relè, che va in tensione allo scatto della chiave di accensione e ho alimentato le morsettiere Ms1 e Ms4 tramite un fusibile automobilistico da 8A **(figura 16)**. Bene, se tutto è stato allacciato e controllato, possiamo procedere secondo i seguenti passi.

a) Diamo tensione ruotando la chiave di accensione dell'auto.
b) Accendiamo con I1 (il led lampeggia a luce gialla e poi si illumina al Verde).
c) Mettiamo in moto, partiamo e, su strada libera, freniamo.

Se superiamo gli 0.5g, il LED diventerà GIALLO e RL1 attiverà le luci lampeggianti. Ricordo ancora che il lampeggiare delle luci si arresterà accelerando l'auto, pigiando I2, oppure, dopo 20 secondi. Il software è stato scritto in Basic, compilato con il PBP Compiler e inserito nel PIC con il programmatore PIC-START-PLUS, gestito dall' ambiente MPLAB. Il File sorgente ed eseguibile si trovano sul sito di FE. Come potete constatare il programma sorgente è ben documentato, ed è quindi possibile effettuare le variazioni dettate dalle proprie esigenze. La stessa cosa naturalmente è possibile anche per l'Hardware.

TABELLA 3: LE FUNZIONI DEI JUMPERS PC, PS, PT

JUMPERS	CHIUSO	APERTO	FUNZIONE
PS	-	Si	RL1 si eccita per 20 Sec.
PS	Si	-	RL1 batte a circa 1.5 Hz per 20 Sec.
PC	Si	-	Test di Collaudo
PT	Si	-	Test dell'Hardware

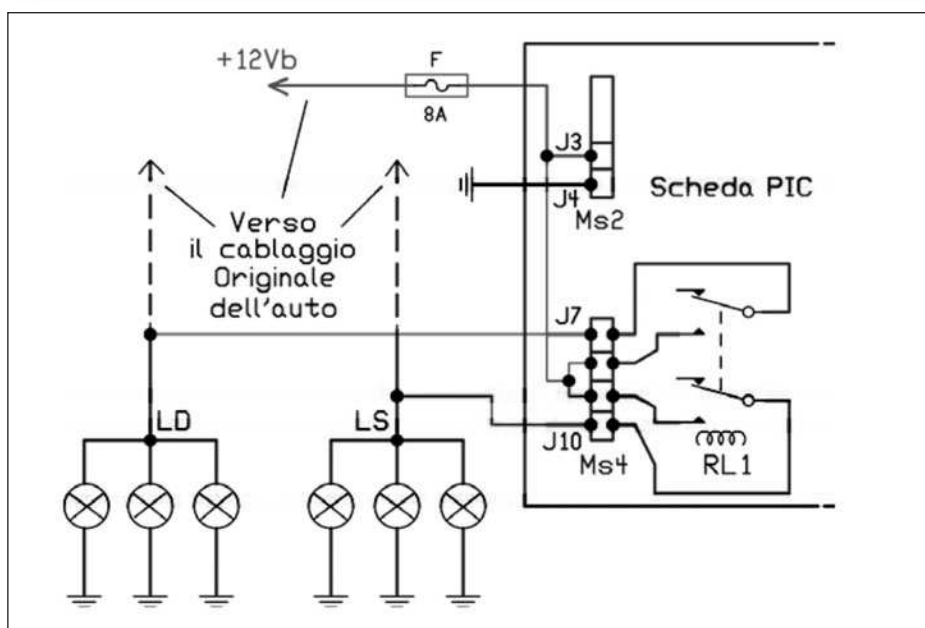



Figura 17: collegamento della scheda PIC al cablaggio dell'auto per il comando diretto delle luci di stazionamento.

CONCLUSIONI

Io credo nella utilità di questa apparecchiatura, poiché, offrire una tempestiva indicazione, a chi ci segue, che la nostra auto è in forte decelerazione, penso sia fondamentale per viaggiare in sicurezza. Vi ricordo infine che il circuito proposto è un circuito ausiliario, di aiuto al conducente. Porre attenzione durante l'installazione che i suoi collegamenti, non interferiscano con i circuiti originali dell'auto, soprattutto con gli indicatori di direzione e con il circuito residente del lampeggiatore di stazionamento, limitandone la funzionalità. ❑

CODICE MIP 500170

di ADRIANO VENTURINI - MAURIZIO DEL CORSO - ANDREA CONTI

Sul web vi sono molti siti che fungono da punto di incontro per gli

www.elettronicamente.com

Elettronicamente.com è il sito dove puoi prelevare gratuitamente link, progetti e tutorial afferenti l'elettronica. Un database con oltre 400 tra progetti completi e inediti, schemi elettrici e tutorial, 1300 sono i link verso siti che trattano argomenti di elettronica. Essendo oramai un punto di riferimento per molti hobbisti e non, ad oggi gli iscritti sono più di 11.000 e per unirti a noi non devi fare altro che registrarti gratuitamente. Elettronicamente.com è stato il primo sito italiano di elettronica nel lontano 2001 ad aver introdotto un sistema che prevedesse un "costo" virtuale per il download di una risorsa e una "ricompensa" sempre virtuale per una risorsa ceduta e condivisa, alla registrazione si riceve un borsellino virtuale di 100 crediti. Il nostro scopo era ed è quello di invogliare gli appassionati di elettronica a condividere con gli altri i propri lavori, valorizzando e proteggendo il lavoro inviato. Questo meccanismo ha permesso da subito la crescita del sito e la condivisione di tantissimi progetti con l'arrivo di nuove idee. Per chi è alle prime armi con l'elettronica abbiamo lasciato il download libero a "credito zero" per moltissime risorse, così da lasciare inalterato il valore del proprio borsellino virtuale. Indipendentemente dalle proprie capacità tutti possono ricevere crediti con il semplice invio di una nuova risorsa, in questo modo si accresce il valore del proprio borsellino, potendo poi prelevare altre risorse, comprese quelle con un "costo" virtuale superiore a 100 crediti. In aggiunta ai tanti progetti inviati dagli iscritti e ai quali siamo grati, anche Elettronicamente.com ci ha messo del suo; Troverete tanti progetti completi (con tanto di codice e circuito stampato) e tutorials.

Ecco alcuni esempi:

- I programmatori di PIC della serie YAPP. (YAPP3 e YAPP4)
- Le spiegazioni di uso del chip FT232 per la conversione USB/RS232 con numerose applicazioni pratiche e le informazioni per usarlo con il C++ e il VB.
- Tutorial sull'uso del bootloader per i PIC con le schede per implementarlo.
- Una scheda chiamata multipic per usare e sperimentare i PIC a 28 e 40 pin.

Inoltre abbiamo il piacere di informarvi che stiamo lavorando per un nuovo progetto chiamato "No Wire Project" che prossimamente pubblicheremo su Elettronicamente.com assieme all'apertura della nuova veste del sito, con nuove funzionalità e avente anche un forum dedicato a tutti gli iscritti.

di FABIO GARIBBO

COSTRUIRE UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO *(parte quinta)*

LAMPADA *fotovoltaica*

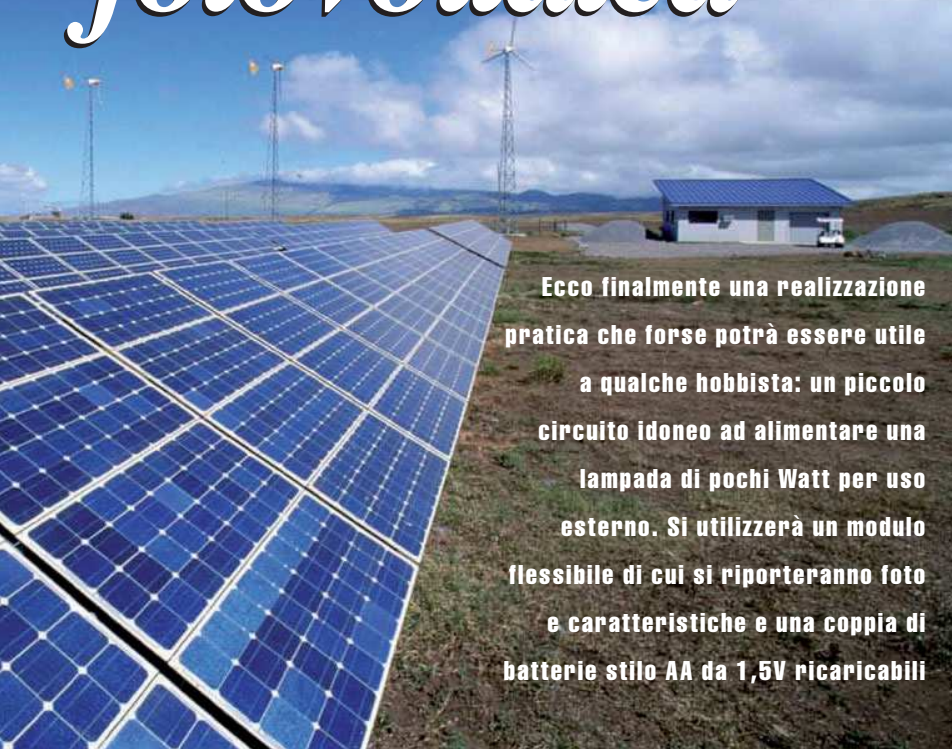
Ecco finalmente una realizzazione pratica che forse potrà essere utile a qualche hobbista: un piccolo circuito idoneo ad alimentare una lampada di pochi Watt per uso esterno. Si utilizzerà un modulo flessibile di cui si riporteranno foto e caratteristiche e una coppia di batterie stilo AA da 1,5V ricaricabili

Potrete realizzare questo semplice progetto per realizzare delle lampade da giardino alimentate ad energia solare. L'interruttore crepuscolare provvederà ad azionare le lampade all'imbrunire, mentre le batterie in tampone garantiranno il funzionamento notturno.
Si utilizzerà una cella fotovoltaica (modulo fotovoltaico) PowerFilm della IOWA. Questo modulo di piccole dimensioni di soli 64mm x 37mm e dello spessore di 0,2mm, può fornire un tensione di uscita di 3V e una corrente di 22mA. Il collegamento che si può realizzare è sia in serie che in parallelo, con l'accortezza, nel caso di collegamento in parallelo, di usare moduli tutti uguali visto che la tipologia di connessione richiede il livello di tensione uguale per tutti i dispositivi. Inoltre è bene porre un diodo di protezione fra i moduli per evitare che in caso di oscuramento momentaneo di uno di essi questo diventi a sua volta un carico per gli altri e disperda l'energia. La sola differenza fra circuiti di piccola taglia e circuiti per uso civile sta solo nelle dimensioni dei vari componenti che vengono impiegati. In alcuni casi determinati dispositivi non vengono impiegati, come nel nostro caso l'inverter non è impiegato visto che il carico è in corrente continua. Gli accumulatori di cui si è parlato nello scorso numero e che hanno il compito di mantenere la carica quando la cella lavora esposta ai raggi solari per poi restituirla nella fase di oscuramento, in questo caso sono sostituiti da batterie ricaricabili da 1,5V. Vista la tensione che eroga il modulo fotovoltaico da noi scelto, dovremmo utilizzare due batterie stilo AA collegate in serie. Nel caso andassimo a caricare una sola batteria il modulo, che eroga 3V di tensione, la metterebbe ben presto fuori uso, visto che modulo e batterie devono essere collegati in parallelo e quindi avere la stessa tensione. Per quanto riguarda l'orientamento i moduli di queste dimensioni non hanno bisogno di un orientamento preciso, importante che siano esposti ai raggi solari il maggior tempo possibile. Hanno una superficie troppo piccola per poter essere orientati con precisione a perpendicolo con i raggi solari e in ogni caso non si otterrebbero risultati migliori. Il ragionamento è quindi applicabile nello stesso modo all'impiego di piattaforme mobili di inseguimento, che in questo caso risulterebbero anche di dimensioni poco commensurabili con quelle dell'intero circuito. Si consiglia inoltre, di posizionare i moduli, se questi dovessero essere fissi, in una posizione in cui alberi, costruzioni varie o atti di van-

Figura 1: struttura di un modulo fotovoltaico per uso civile.

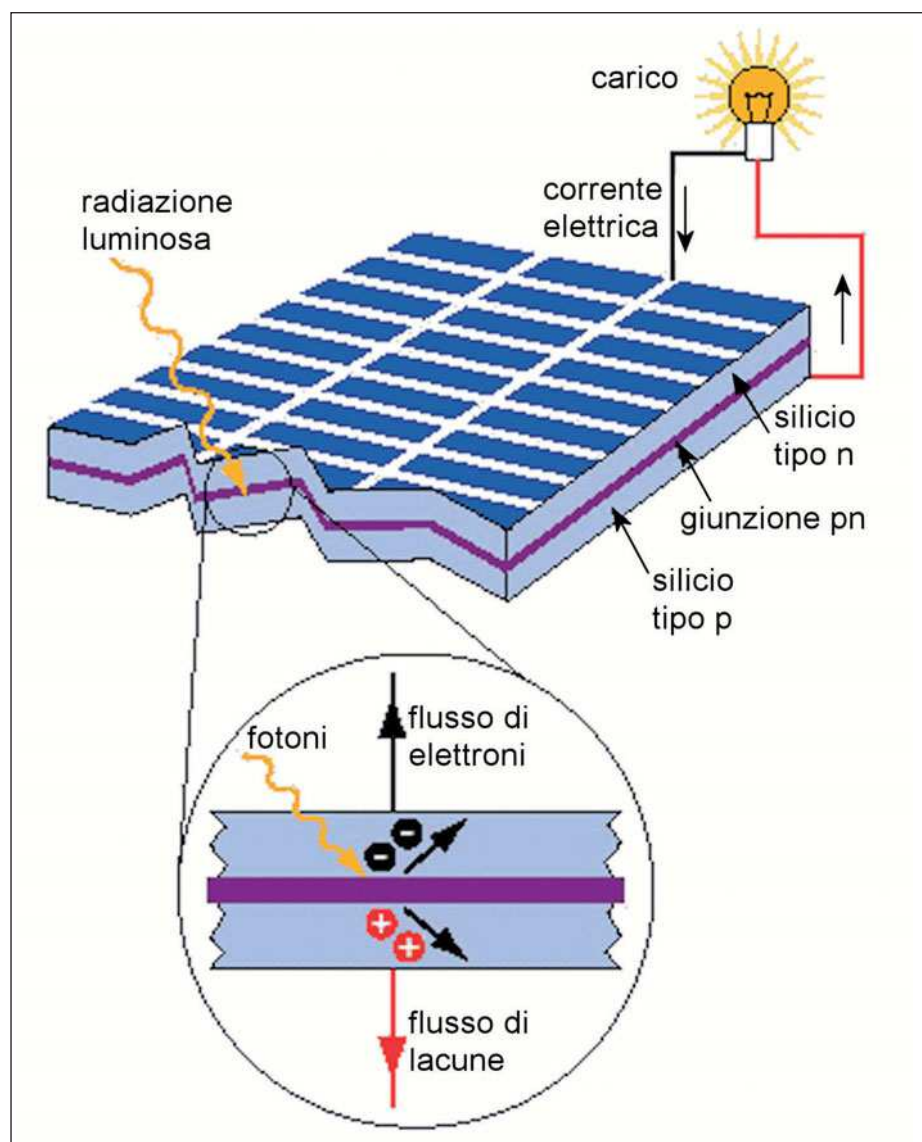



Figura 2: un esempio di modulo per piccole potenze.

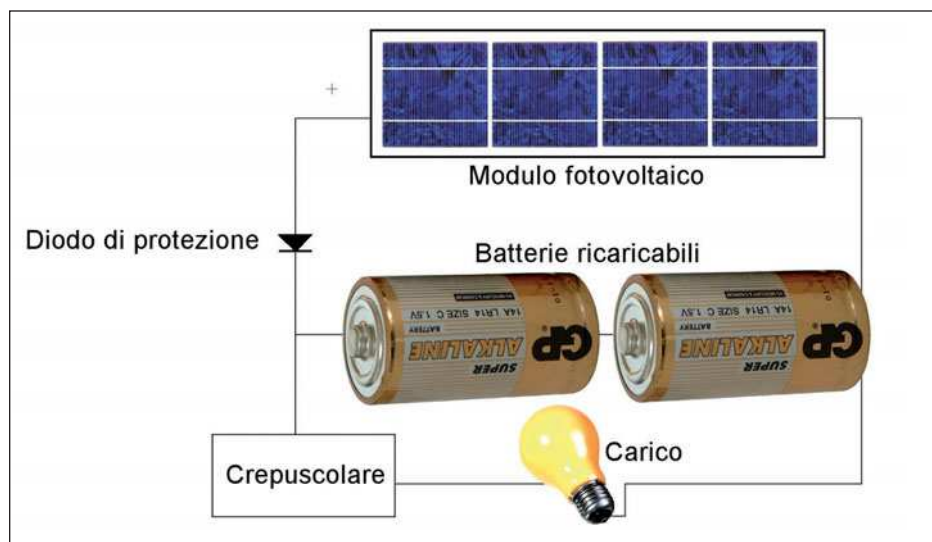
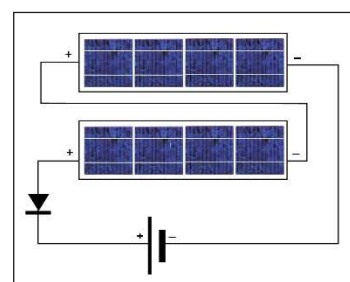
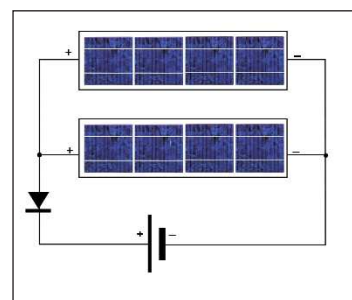



Figura 3: schema a blocchi di un circuito di alimentazione di una lampada da 1,2W.

collegamento serie

Il collegamento serie si ottiene collegando i dispositivi in modo tale che la stessa corrente li attraversi prima di tornare al generatore. Nel caso delle celle fotovoltaiche si ottiene un innalzamento di tensione a parità di corrente. Svantaggi: se una cella si oscura potrebbe interrompere l'erogazione di energia.

Esempio di celle collegate in serie.

collegamento parallelo

Il collegamento parallelo si ottiene collegando i dispositivi in modo tale che la tensione sia uguale per tutti. Nel caso delle celle fotovoltaiche si devono collegare moduli con uguale tensione di uscita. Svantaggi: nel caso che una, o più, celle vengano oscurate, o si guastino, potrebbero diventare un carico per il resto del circuito disperdendo l'energia. E' consigliabile allora, interporre un diodo o un fusibile di protezione fra una cella e l'altra come mostrato in figura.

Eesempio di celle collegate in parallelo.

dalismo, non possano in qualche modo oscurare parte o tutti i moduli impiegati. Queste sono alcune delle differenze sostanziali che vi sono fra circuiti per uso civile (alimentazione elettrica per abitazioni) e circuiti elettronici di piccole dimensioni per piccole potenze.
I moduli che abbiamo usato in questo piccolo progetto sono di tipo flessibile, cioè la loro struttura si adatta abbastanza bene al profilo esterno dell'impianto. Esistono però, dei moduli che hanno una forma rigida e più grossolana a testimonianza di una resistenza maggiore agli agenti esterni violenti ma una scarsa manipolabilità in fase di installazione.

PROTEZIONI

Consideriamo la struttura di un modulo fotovoltaico per uso civile come riportato in **figura 1**. Si nota come i diodi di protezione siano già installati all'interno del modulo, in modo da non doverli collegare esternamente. Questa strategia viene bene dato che durante i depositi di silicio per formare la cella possono essere depositati i drogaggi per i diodi nello stesso Wafer. L'uso del vetro temprato è necessario per proteggere il modulo da agenti atmosferici violenti quali grandine o oggetti che accidentalmente o volontariamente (atti vandalici) cadono sul modulo. Ovviamente si cerca di rendere il più trasparente possibile questa protezione, che è, in ogni caso, una limitazione all'irraggiamento. Tutta questa struttura ha ovviamente un peso che si cerca di limitare con l'impiego di materiali sempre più leggeri ma robusti. Per i moduli di piccola potenza alcuni accorgimenti vengono sostituiti con materiali diversi per conferire al modulo maggiore flessibilità qualora sia necessario. Ecco che il vetro temprato è sostituito con una resina di vetro ugualmente resistente ma più flessibile.
I moduli che si sono utilizzati in questo articolo, così come la maggior parte dei moduli di piccola potenza, non hanno i diodi integrati nella struttura cristallina della cella e quindi si deve provvedere a collegarli esternamente. Si consiglia quindi di creare una basetta di dimensioni appropriate su cui fissare e collegare non solo i diodi, ma anche le batterie ricaricabili. Durante la fase di saldatura si consiglia di non superare la temperatura di 315° - 320°C per evitare di lesionare la cella, che comunque si può saldare sulla basetta anche senza zoccolo, ma saldando i connettori direttamente sulle piazzole di rame della stessa. Per evitare che la lampada rimanga accesa sempre (giorno e notte) si consiglia di collegare un crepuscolare che disabiliti il funzionamento della lampada, ma consenta la ricarica delle batterie, nelle ore del giorno.

LISTA COMPONENTI

R1, R3	1 KΩ 1/4 W
R2	10 KΩ 1/4 W
R4	100 KΩ 1/4 W
TR1	Trimmer multigiri da 100K
D1	1N4007
C1	1000 µF elettrolitico
U1	LM324
FR	Fotoresistenza
Q1	BC547
RL	Relé NAIS 12 V doppio scambio

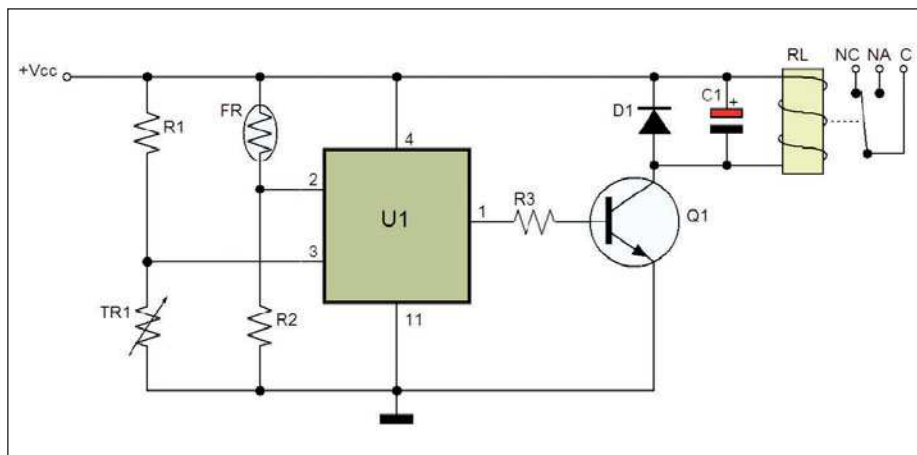



Figura 4: lo schema elettrico dell'interruttore crepuscolare.

Il modulo

POWERFILM

E' un modulo fotovoltaico molto compatto che può essere utilizzato sia per ricaricare batterie, ma anche per alimentare direttamente un carico. Con uno spessore di poco più di 1mm, questo modulo è studiato per applicazione esterne in quanto è dotato di protezione contro le intemperie e i raggi UV. Non contenendo parti fragili (come il vetro) queste celle sono molto leggere e resistenti e possono essere fissate anche con del semplice nastro biadesivo.

CARATTERISTICHE TECNICHE	
Tensione Operativa	7.2V
Corrente Operativa	100mA
Tensione Tipica	10.5V
Corrente Tipica	125mA
Misure Esterne(millimetri)	270x100
Spessore	1.1mm
Peso	31.3gr
Cod. Produttore	P7.2-75

L'APPLICAZIONE

Diamo di seguito il piccolo e semplice circuito per l'alimentazione di una lampada da 1,2W con tensione di funzionamento di 3V. Non diamo indicazioni su come scegliere il contenitore del circuito, che sarà scelto dal lettore secondo il proprio gusto, diciamo però che dovrà essere di protezione IP67 e cioè dovrà garantire una protezione contro gli agenti atmosferici (pioggia e spruzzi d'acqua provenienti da dispositivi di irrigazione e simili) e contro la polvere.

L'interruttore crepuscolare è riportato in figura 4. Il cuore del circuito è U1 il noto amplificatore operazionale quadruplo LM324 configurato come comparatore di tensione. All'ingresso non invertente troviamo il partitore formato da R1 e TR1 che servono a impostare la tensione di riferimento del comparatore ma in pratica TR1 regola la soglia di luminosità alla quale il dispositivo si attiva. All'ingresso invertente troviamo la fotoresistenza e R2, al variare della luminosità varierà anche il valore di FR1.

Quando il valore di tensione all'ingresso non invertente sarà maggiore della tensione sull'ingresso invertente, l'uscita del comparatore si porterà a livello alto: il valore della Vcc. All'uscita (pin 1) è collegata la resistenza R3 che polarizza la base del transistor Q1 che a sua volta attiva il relé e di conseguenza il carico ad esso collegato.

Il diodo D1 serve a proteggere il transistor da disturbi prodotti dall'eccitazione della bobina del relé. Il condensatore C1 serve a evitare che lampi di luce improvvisi facciano disattivare il carico. Abbiamo inserito questo piccolo accorgimento per evitare che per esempio durante qualche temporale i fulmini avessero potuto far spegnere le luci del vialetto oppure per evitare che se le luci dell'auto in manovra avessero colpito accidentalmente la fotoresistenza avrebbero causato lo spegnimento del carico.C1 induce nel circuito un ritardo nella risposta di circa tre secondi sufficienti a non far disattivare il carico con improvvisi lampi di luce (naturalmente questo tempo può variare a seconda della tolleranza del condensatore e della resistenza della bobina del relé).

Per effettuare il collaudo avremo bisogno di un alimentatore a 12 v e di un carico da collegare al relè, sia esso una lampadina o un semplice diodo led. Dopo aver dato tensione al circuito bisognerà regolare il Trimmer al suo massimo valore. A questo punto abbiamo due alternative: attendere il crepuscolo o operare in maniera artificiale.

Il sistema più attendibile sarebbe comunque attendere il crepuscolo così da regolare il Trimmer fino all'accensione del carico con la luminosità desiderata, sicuri che ogni sera il circuito agisca con quella stessa luminosità.

Ammesso però di non voler attendere, dopo aver coperto la fotoresistenza al grado di oscurità voluta occorrerà ruotare il perno di TR1 fino a quando il carico si attiverà. ❑

CODICE MIP 500168

appassionati di elettronica. Eccone alcuni che vi consigliamo di visitare

www.ieforum.it

Il forum ufficiale di Inware Edizioni è raggiungibile da link **www.ieforum.it** e dalla home page è possibile vedere l'elenco dei forum disponibili. Al momento i forum disponibili sono i seguenti:

Principianti: se ti stai avvicinando adesso al mondo dell'elettronica, qui puoi trovare le risposte ai tuoi quesiti.

Didattica: forum dedicato agli studenti di elettronica.

Esperti: forum dedicato ai progettisti ed ai professionisti.

Robotica: questo forum è dedicato alla robotica ed agli eventi ad essa collegati.

Microchip: forum dedicato ai microcontrollori PIC e dsPIC della Microchip.

Atmel: il forum dedicato ai microcontrollori ATMEL.

Freescale: forum dedicato ai microcontrollori FREESCALE.

Microcontrollori (generico): forum dedicato al mondo dei microcontrollori in generale.

MikroBasic: questo forum è interamente dedicato a tutti coloro che utilizzano il compilatore MikroBasic. Un'occasione per scambiarsi idee e suggerimenti.

MikroC: questo forum è interamente dedicato a tutti coloro che utilizzano il compilatore MikroC.

Proteus: PROTEUS è il sistema CAE/CAD per la progettazione elettronica. Siete virtuosi utilizzatori? Siete nuovi utenti? Questo è il forum a voi dedicato, anche se siete semplicemente curiosi.

Eagle: ecco il forum dedicato ad Eagle il noto CAD per la progettazione elettronica.

Per leggere i post dovrete semplicemente cliccare sui titoli, mentre per inserire nuovi post o rispondere a quelli esistenti dovrete prima registrarvi. Se in fase di registrazione avete specificato anche la vostra data di nascita, cliccando sul calendario in home page vedrete il promemoria del vostro compleanno (e di quello degli altri utenti del forum). Il login e la registrazione possono essere fatti dal menu accedi presente in home page e, una volta effettuato il login, potrete anche visionare la lista degli utenti registrati e il loro profilo.

Se cercate qualche argomento specifico potrete utilizzare il motore di ricerca che vi permette di effettuare ricerche per post, per argomento per parola chiave e ordinare i risultati secondo criteri specifici. Visitate IEforum ed utilizzatelo sia per trovare le risposte ai vostri quesiti sia per rispondere ai quesiti degli altri utenti condividendo così le vostre conoscenze.

INFO WEB
www
www.grix.it
GRIX
la community dell'elettronica amatoriale
home area personale schemi tutorial robotica pic micro forum download contatti link
Computer,iPod,&Sansa
Get electronics in low costs From first producer of mouse
CAD schemi elettrici
Software d' automazione industriale Lo specialista del CAD elettrico
Annunci Google
in questo momento non sei autenticato
accesso
username
password
registrati
entra
password dimenticata?
Siamo in 11953 registrati anche tu e partecipa al forum
Benvenuto su grix.it
Queste pagine raccolgono una grande varietà di schemi elettronici, di progetti di Robot e circuiti con i Pic micro creati dagli iscritti per tutta la community.
Inserire schemi, progetti o tutorial è facile e veloce, grazie all'editor online. Basta effettuare il login al sito ed accedere alla propria area personale. Da qui si può controllare il proprio livello e si possono tenere sotto controllo i propri articoli ed inserirne di nuovi.
Ogni schema, progetto o tutorial è sempre associato al suo autore, che viene sempre menzionato e che può inserire tutte le informazioni personali che ritiene opportune.
Un semplice sistema di livelli premierà gli autori più attivi senza essere soffocante per chi non vuole impegnarsi nella scrittura di nuove pagine.
Maggiori informazioni sui livelli, editor e sulle linee guida per la compilazione delle pagine sono disponibili nella pagina delle domande frequenti.
Quindi cosa aspetti ad unirti a questa grande community: siamo in 11953, e ricorda è tutto rigorosamente gratuito!
aree del sito
Schemi e progetti
Tutorial
Robotica
Pic Micro
utility
FAQ
Link
Fiere
Banners
Download
Componenti
servizi
Chat
Forum
Mappa Utenti
Guida al sito
Guida all'editor
i 15 utenti più attivi
fairewol
winstar
Caste91
Mikegrix
teslacoil
Matteo92
Renzo91
Celsius
Elettronico
krokkor
i2viu
ilariostella
Link_89
eclipse@frida.it
silvestro_malde...
riepilogo
Le pagine su Grix.it
1513 schemi (66%)
435 tutorial (19%)
56 robotica (2%)
300 pic-micro (13%)
Totale Pagine: 2304
RSS
panoramica sul sito
tutti
schemi
tutorial
robotica
pic micro
ultimi inseriti
più visitati
Localizzatore per modelli r/c
Come costruirsi una bobina da soli
Lampada di emergenza
Il qso in cw
Gestione automatica acquario
Bistabile senza componenti elettronici
Gestione laboratorio
Giochi di luce a ritmo di musica con led rgb
Led e musica
Timer per bromografo su pc
vedi tutti gli articoli
cerca
classifica per voto
segui i commenti
ultimi messaggi sul forum
fra87 su Pic Micro: secondo me è un hitachi... per provarlo...
teslacoil su Elettronica Generale: Confermo quanto detto da Ernesto, con ot...
mansell su Pic Micro: ho un display recuperato da un vecchio s...
elettrolitico su chiacchere: Salve come da titolo avrei bisogno di un...
fire1242 su Elettronica Generale: (Caste91):potresti anche fare una cos...
Caste91 su Elettronica Generale: potresti anche fare una cosa solo con di...
fire1242 su Elettronica Generale: ciao ragazzi, avendo demolito un vecchio...
Grix.it - chat rapida
forza aggiornamento
non hai messaggi privati
in homepage
espandi finestra
a quello di destra
si spengono tutit
e a quello di sinistra si spegne solo uno
'sera
FORZA ITALIA!
beep
per partecipare alla chat devi essere loggato
sitePromo - Grix.it consiglia questi siti
sitePromo: pubblicizza gratuitamente qui il tuo sito e guadagna livelli
www.elettrocomp.it
flavio.itlinux.org
piceditor.net
Nuovo compilatore PIC e Simulatore REALTIME
www.wifi-ita.com
WiFi-ITA.com >>> La nuova community italiana sul Wireless!!!
promo
GRIX
ami l'elettronica?
sei nel posto giusto
dati
Annunci Google
Kit Elettronici
Vasta gamma di scatole montaggio per il tuo hobby preferito.
contatti
clicca sulla foto per sapere di me o inviami un messaggio privato
gli amministratori del sito sono
grix
astrix
c3bo
nrizzi
Mikegrix
eclipse@frida.it
Elettronico
silvestro_maldestro
Matteo92
ilariostella
Caste91
fairewol
Copyright © 2004/2007 GRIX.it - La community dell'elettronica amatoriale

L'elettronica, come ogni altro hobby, è bella se viene condivisa con altre persone, ma spesso non è possibile conoscere hobbisti nella stessa città in cui si vive. Internet ci viene in aiuto, e un importante sito di riferimento per gli appassionati di elettronica è sicuramente Grix. Aperto nel 2004, il sito raccoglie una grande quantità di progetti elettronici, che spaziano dai microcontrollori agli esperimenti con l'alta tensione, dai tutorial alla costruzione di robot. Tutti i progetti presenti sul sito sono realizzati amatorialmente, anche se spesso presentano caratteristiche professionali. Le pagine create dagli utenti sono ampiamente commentate dagli altri iscritti, in modo da esprimere le proprie opinioni sul progetto o proporre miglioramenti. Grix è una community dove, dopo essersi registrati gratuitamente, si ha la possibilità di scrivere nuovi articoli, partecipare al popolare forum, o fare quattro chiacchiere in chat. Attualmente conta più di diecimila utenti: studenti, radioamatori, professori, ingegneri e semplici hobbisti. Sul forum si discute di elettronica, esperimenti o si possono scambiare semplicemente due chiacchiere. I membri di Grix (i "Grixiani") non sono presenti soltanto nella "vita virtuale": spesso si organizzano infatti, incontri alle fiere e ai mercatini; questi eventi sono una grande occasione per conoscere nuova gente, confrontare le idee e scambiarsi consigli. Grix offre solide basi di partenza per il principiante, ma è anche un buon punto di riferimento per gli esperti. Tramite il motore di ricerca interno, è possibile trovare velocemente il progetto desiderato. Il sito è strutturato a livelli: si possono guadagnare "stellette" pubblicando articoli, scrivendo nel forum o partecipando alla community. Un livello maggiore permette di vedere più pagine, ma sono comunque presenti molti articoli accessibili anche dai neo iscritti. Tale sistema è stato studiato per garantire un sempre nuovo apporto di risorse alla community e ha fatto si che Grix diventasse uno dei più importanti portali italiani dedicati all'elettronica. Allora, cosa aspetti ad entrare nel fantastico mondo di Grix?

di MARIO ROTIGNI

COME TRASFORMARE UN PC *in oscilloscopio*

Il desiderio di costruirsi un laboratorio in casa spendendo pochi soldi, suggerisce di utilizzare come oscilloscopio un PC con uno dei tanti programmi disponibili in rete. E' opportuno però prevedere una buona protezione da rischi di danneggiamento. Ecco come

L'uso del PC casalingo come strumento di misura può rivelarsi piuttosto nocivo per la nostra macchina, esponendola a rischi connessi a possibili danni elettrici dovuti a sovratensioni e sovracorrenti. Ho quindi voluto realizzare un accessorio che offrisse un elementare sottoinsieme delle funzioni base offerte dallo stadio di ingresso di un vero oscilloscopio ed al tempo stesso proteggesse il PC. Lo scopo dell'articolo è in realtà duplice, realizzare lo stadio di ingresso ed allo stesso tempo, richiamare l'attenzione su alcuni aspetti del progetto di un apparato elettronico, a volte trascurati, le **protezioni**. Questi accorgimenti rientrano nelle filosofie di Robust Design e Design for Reliability che si preoccupano non solo di progettare ap-

specifiche

Per definire correttamente le specifiche dobbiamo innanzitutto avere chiaro il campo di applicazione previsto. In questo caso si tratta di verifiche di circuiti in banda audio, sensori e piccole applicazioni di microcontrollori per robotica amatoriale. Potremmo ad esempio verificare i sensori acustici del nostro robot, la risposta di fotoresistenze o gli impulsi di comando dei motori.
Naturalmente, dovremo limitare le nostre aspettative adattandole alle caratteristiche delle schede audio.
Definiamo quindi le specifiche desiderate per il nostro FrontEnd.

- Funzione da realizzare: Amplificatore di ingresso per Oscilloscopio basato su PC,con protezione /separazione della circuiteria interna del PC da possibili rischi elettrici dovuti a segnali di ingresso anomali.
- Possibilità di utilizzo di un Amplificatore di Isolamento con separazione galvanica tra ingresso ed uscita.
- Numero di canali: due gemelli.
- Amplificazione: Fissa, 1 o 10, da decidere in sede di montaggio, vedi articolo
- Attenuazione Ingresso:Selezionabile x1 o x10
- Segnale in ingresso Max: 10 V con Attenuazione x10, 1 V con Attenuazione x1
- Segnale in Uscita: 1V massimo
- Accoppiamento: Corrente Continua o Corrente Alternata selezionabile (cc / ac)
- Banda Passante: cc – 20KHz
- Elevata Impedenza Ingresso per non caricare i circuiti sotto test.
- Alimentazione autonoma a batteria
- Indicazione di batteria scarica

parecchiature rispondenti alla specifica del cliente ma anche del mantenimento di tali specifiche nel tempo. Come accade in campo industriale, definiremo anzitutto le specifiche dell'apparato che vogliamo costruire, sceglieremo i componenti che riterremo più idonei e consolideremo lo schema elettrico, passando poi alla realizzazione vera e propria. Infine rivisiteremo criticamente il progetto chiedendoci conferma delle scelte effettuate, a beneficio dei futuri progetti. Lo schema comprenderà tutta una serie di accorgimenti comunemente usati per la protezione dei circuiti. L'adozione o meno di ciascuno di essi verrà decisa alla luce dell'ambito applicativo.

BACKGROUND: LA NECESSITÀ DI PROTEGGERE

Tutte le apparecchiature elettriche ed elettroniche sono soggette durante la loro vita ad esposizione a sovratensioni ed in qualche caso, sovracorrenti, ovvero a valori delle grandezze elettriche fondamentali superiori a quelle proprie richieste per il normale svolgimento delle proprie funzioni. Tali fenomeni sono spesso indipendenti dalla volontà del progettista e dell'utilizzatore, accadono in istanti spesso imprevedibili, con intensità non nota a priori e non sono sostanzialmente del tutto eliminabili, per quante precauzioni si possano prendere. Una progettazione poco attenta a tali fenomeni può peggiorare la situazione, rendendo le apparecchiature più sensibili ed esposte a danneggiamenti o sede di generazione di transitori nocivi. Un'attenta considerazione delle cause di questi fenomeni è importante per garantire l'affidabilità del nostro progetto, cioè garantire la sua disponibilità a svolgere le proprie funzioni correttamente nel tempo. Le perturbazioni elettriche più comuni sono sovratensioni, riconducibili a due origini, interna all'apparecchiatura o esterna, generata dall'ambiente. Vediamone un possibile elenco, pensando ad un caso generale.

Sovratensioni di origine interna all'apparecchiatura

- Transitori di alimentazione.
- Apertura/chiusura di circuiti induttivi
- Accoppiamenti capacitivi (sono tipicamente eliminati nella valutazione dei prototipi).

Su queste sorgenti di sovratensione abbiamo buone possibilità di intervento come progettisti, identificandole le sorgenti nel nostro circuito ed eliminando o riducendo a valori facilmente tollerabili gli effetti di ogni fenomeno. Come vedremo, l'aggiunta alla circuiteria interna di componenti che riducono l'ampiezza dei fenomeni indesiderati è la cura primaria adottata per i fenomeni di origine interna. Appartengono a questa classe di accorgimenti i diodi di ricircolo montati in parallelo alle bobine di relè che certamente avrete visto più volte.

I transitori di alimentazione e l'apertura/chiusura di circuiti fortemente capacitivi possono inoltre generare sovracorrenti da tenere in considerazione.

Sovratensioni di origine esterna all'apparecchiatura

- Sovratensioni sulle linee di alimentazione.
- Sovratensioni sulle linee di segnale.
- Sovratensioni indotte per accoppiamento Induttivo o Capacitivo.
- Scariche elettrostatiche dirette sui connettori di ingresso/uscita o alimentazione oppure sul contenitore dell'apparecchiatura.

L'origine di questi fenomeni può essere dovuta a fenomeni atmosferici anche lontani, guasti o transitori di manovra propagatisi lungo le linee di distribuzione dell'energia elettrica. Le scariche elettrostatiche (vedi riquadro dedicato) sono invece dovute a prossimità o contatto tra corpi a differente potenziale elettrico. Questo fenomeno può nascere quindi anche dal contatto con gli esseri umani utilizzatori dell'apparecchiatura, qualora siano accessibili connettori oppure attraverso pannelli o parti metalliche.

I singoli fenomeni sono sostanzialmente imprevedibili, dipendendo da fattori troppo diversi per poterne tenere conto. Nel caso di sovratensione propagata dalle linee di alimentazione, dipendono ad esempio dalla distanza dalla sorgente del fenomeno, nel caso di scariche elettrostatiche l'intensità dipende anche dall'umidità dell'aria, oltre che dalla natura dei corpi che divengono sede di cariche elettriche. Alcuni ambienti sono naturalmente predisposti alla generazione di transitori, si pensi alle automobili con la loro bobina di accensione.

L'industria e gli enti normativi internazionali hanno lavorato molto su questo problema, definendo per ogni ambito applicativo (telecomuncazioni, industriale, residenziale, automotive ad esempio), delle classi di severità ed impulsi tipici come descritto in REF1, REF 13 e REF 14. REF14 (Harris Application Note 9769) contiene anche ulteriori riferimenti ad utili Application Notes specifiche per campo di applicazione.

PER *approfondire...*

[REF1] Dispositivi di Protezione da Sovratensioni, Fare Elettronica Gennaio 2006
[REF 2] Le Sovratensioni di Rete, Fare Elettronica Maggio 2006
[REF 3] Analog Devices Application Note AN397 Electrically Induced Damage to Standard Linear Integrated Circuits.
[REF 4] Understanding and Protecting Integrated Circuits from Electrostatic Discharge (ESD), W.Freeman Analog Devices
[REF 5] ADI Reliability Handbook, Analog Devices
[REF 6] ESD Association, www.esda.org
[REF 7] Operational Amplifier for everyone, Book online Texas Instruments
[REF 8] National Semiconductor Application Note AN1511 Cable Discharge Event.

L'AMPLIFICATORE DI INGRESSO

Molti Amplificatori Operazionali sono adatti allo scopo, la mia scelta è caduta su un componente non particolarmente recente con cui ho dimestichezza, il CA3140. Originariamente prodotto da RCA Semiconductors è ancora oggi in produzione dopo trentanni. Questo componente è stato tra i primi operazionali con ingresso a MOSFET, con buone caratteristiche di velocità, basse correnti ed elevata impedenza di ingresso. Lo stadio di uscita realizzato con bipolari comprende una protezione integrata contro corto circuiti. Il CA3140 viene ancora utilizzato ad esempio per la realizzazione di strumentazione. Varie interessanti applicazioni sono riportate nel datasheet (vedi REF 9). Può essere sostituito TL081, con un certo degrado dell'impedenza di ingresso.

L'AMPLIFICATORE DI ISOLAMENTO

Inglesismo che andrebbe forse meglio tradotto con 'Amplificatore Isolato', indica un amplificatore con separazione galvanica totale, segnale ed alimentazione, tra stadio di ingresso e stadio di uscita. L'amplificatore di isolamento scelto è ISO124 originariamente prodotto da Burr-Brown, ditta specializzata in circuiti integrati analogici per trattamento e conversione di segnale. Oggi Burr-Brown è integrata in Texas Instruments ed ISO124 è facilmente reperibile anche per corrispondenza. ISO124 è un amplificatore a guadagno unitario che assicura una tensione di isolamento di 1500V efficaci tra ingresso ed uscita. Questo ci consente l'isolamento elettrico della circuiteria di ingresso del PC dal circuito sotto test, mettendo quindi la scheda audio e motherboard al riparo da quanto accade nel circuito del frontend e nel circuito in prova. La tenuta dell'isolamento è verificata con collaudo su tutti i pezzi prodotti. L'isolamento, per questioni di semplicità e costo, è realizzato da ISO124 trasmettendo il segnale digitalizzato attraverso una barriera capacitiva realizzata da due condensatori integrati nel package. I condensatori della barriera garantiscono l'isolamento galvanico tra ingresso ed uscita. L'informazione è trasmessa con una modulazione del duty cycle, tecnica simile al PWM usato nel controllo della velocità di motori in continua. Questa tecnica è più economica rispetto ad altre usate dalla stessa Burr-Brown in passato, quale l'isolamento attraverso un piccolo trasformatore incapsulato nello stesso package dell'amplificatore. Come messo in evidenza dal datasheet, nessun componente esterno è necessario, la linearità è molto buona e la banda passante garantita di 50KHz largamente sufficiente per soddisfare la nostra specifica. Ho scelto il componente in contenitore DIP16 per semplificare la realizzazione dello stampato. Bisogna notare come la tensione di isolamento può essere compromessa da un montaggio non corretto. Una superficie dello stampato non pulita può produrre percorsi debolmente conduttivi, sufficienti a degradare l'isolamento. Cosi come una non sufficiente separazione fisica della circuiteria di ingresso da quella di uscita. Il rame sotto il circuito integrato è quindi stato integralmente rimosso in corrispondenza della parte centrale del corpo DIL16. Non è del tutto corretto considerare l'amplificatore di isolamento come un puro componente di protezione, come a prima vista si potrebbe essere indotti a fare. Esso è inserito nel percorso principale di trasmissione del segnale ed un suo guasto renderebbe inservibile lo strumento. Bisogna poi ricordare che l'isolamento è garantito tra ingresso ed uscita , non tra ingresso e la propria massa. La sezione di ingresso di ISO124 contiene circuiti sensibili alle sovratensioni e va quindi adeguatamente protetta, mantenendo la tensione tra pin di ingresso e massa ingresso entro i valori massimi (10 V, vedi datasheet) e contando sulla barriera di isolamento come ultima difesa per evitare la propagazione del guasto ai circuiti seguenti. L'isolamento totale del segnale permette anche di interrompere i cosiddetti ground-loop. Il segnale in uscita da ISO124 contiene rumore residuo alla frequenza di 500KHz, dovuto alla modulazione. Essendo tale frequenza ben oltre la frequenza di taglio della nostra catena di misura (amplificatore più scheda audio), nessun filtro specifico è stato previsto, contando sul filtraggio integrato nella scheda audio (filtro anti-aliasing prima del convertitore Analogico-Digitale).

IL VOLTAGE CONVERTER

Il Voltage Converter LTC1044 è usato per la generazione delle tensioni negative, riducendo cosi il numero di batterie necessarie all'alimentazione del nostro circuito. LTC1044 è una versione migliorata di ICL7660, con cui resta compatibile e sostituibile, prodotto da varie Case. Ho preferito questo componente per la pre-

segue a pagina 58

[REF 9] Intersil CA3140 Datasheet

[REF 10] Texas Instruments ISO124 Datasheet

[REF 11] Linear Technology LTC1044 Datasheet

[REF 12] Application Note Texas Instruments sboa004 'SINGLE-SUPPLY OPERATION OF ISOLATION AMPLIFIERS'

[REF 13]Littelfuse 'EC 101 Chapter 1-Introduction to Circuit Protection'

http://en.littelfuse.cn/cgi-bin/r.cgi/en/know_content.html?ContentID=77&LFSESSION=IE6VHcc1Df

[REF 14] Harris Application Note AN9769, An overview of electromagnetic and Lightning induced voltage transient

Figura 1: la sezione di condizionamento del segnale.

LISTA COMPONENTI

BT1,BT2	batterie 9V
C1,C2,C3,C7,C8,C9	Condensatori al Elettrolitici al Tantalio 10 uF 16V
C4,C10	Condensatori Elettrolitici 100 uF 25V
C5,C11	Condensatori Ceramici 330 nF 50V
C6,C12,C13,C15	Condensatori Ceramici 100 nF 50V
C14	Condensatore Poliestere 100 nF 400V
C16,C17,C18,C19,C21,C22	Condensatori Elettrolitici al Tantalio 1uF 16V
C20	Condensatore Ceramico 100 pF 50V
D1,D2,D5	1N4001
D4,D10	LED Rossi
D6,D12	Diodi zener 6.2V
D23	TRANSIL BZW06-5V8B
D13,D16,D21,D22	TRANSIL BZW06-6V4B
D14,D15,D17,D18,D19,D20	diodi 1N4148 (vedi testo)
D24,D25	diodi 1N4148
J1 CONN	JACK 3,5mm femmina da pannello
J2 CONN	JACK 6,3mm femmina da pannello
R1,R2	Resistori 5% 1/4W 120ohm
R3	Resistore 1% 1/2W 9 M
R4	Resistore 5% 1W 1 k
R5	Resistore 1% 1/2W 1 M
R6	Trimmer da cs 10K
R7	Resistore 5% 1/4W 10K
R8	Resistore 5% 1/4W 3.9K
R9	opzionale, vedi testo
SW1b,SW1a	Interruttore due vie - due posizioni
SW3	Interruttore una via - due posizioni
SW4	Deviatore una via due posizioni
U1,U3	circuito integrato LM7805-T0220
U2,U4	circuito integrato LTC1044
U5	circuito integrato CA3140A
U6	circuito integrato IS0124P

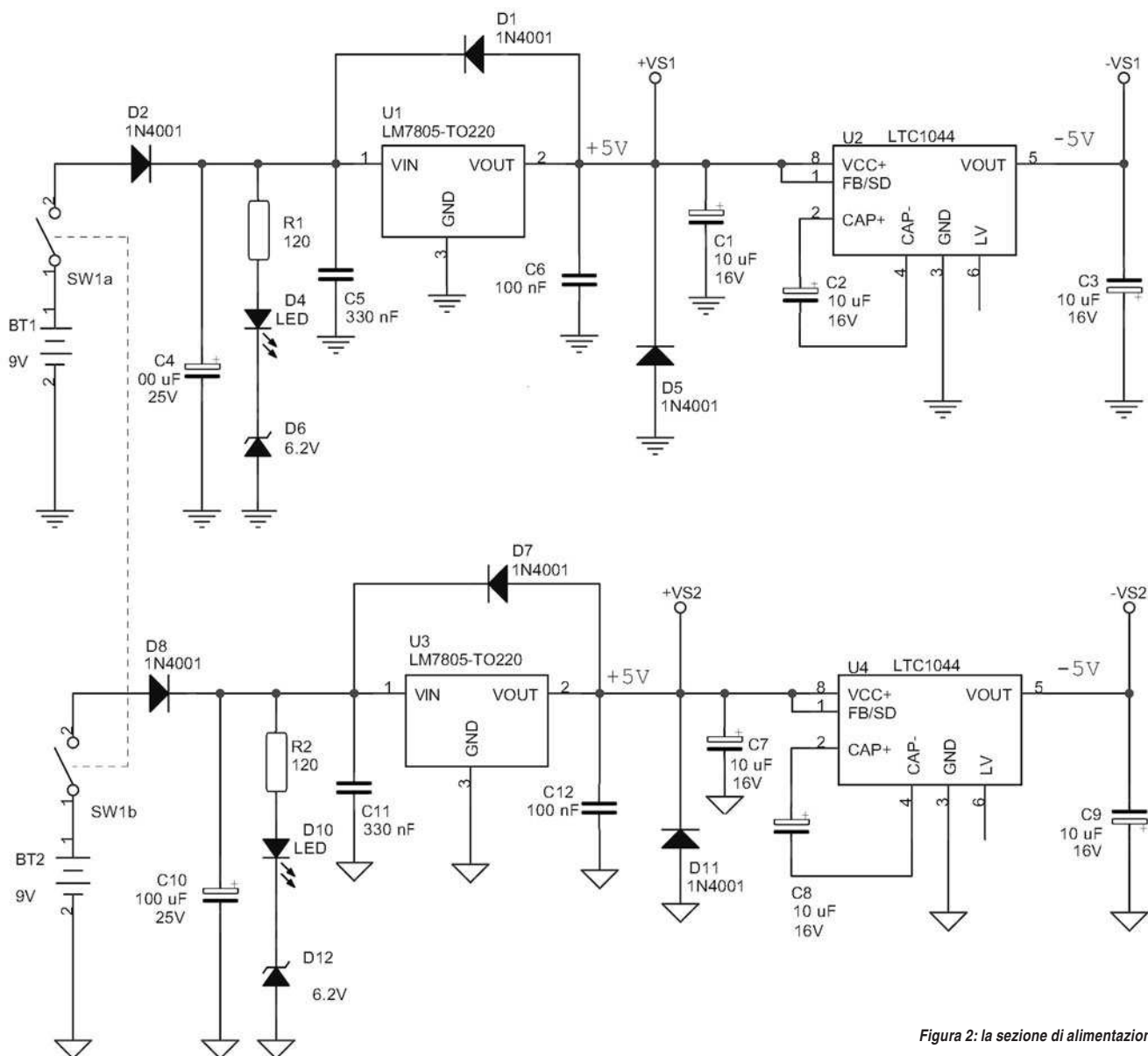



Figura 2: la sezione di alimentazione.

senza dell'opzione BOOST che elevando la frequenza di commutazione, evita di generare rumore direttamente in banda audio, cioè la gamma di frequenze di nostro interesse. LTC1044 utilizza il principio delle pompe di carica (vedi datasheet pag 5-12 e 5-13, REF11) per moltiplicare, dividere o invertire di polarità la tensione in ingresso. La tensione di uscita non è stabilizzata, quindi l'integrato è adatto dove occorra una compatta sorgente di tensione negativa per alimentare pochi carichi a basso consumo, quale appunto il nostro caso.

TRANSIL

I componenti TRANSIL sono già stati descritti sulla rivista, vedi REF1, e quindi non mi dilungo. Ricordo solo che possono essere grossolanamente considerati come veloci diodi zener con buone capacità di dissipazione per brevi periodi. Mi preme qui sottolineare che per costruzione questi componenti presentano una capacità non trascurabile (il componente usato in questo progetto, BZW04 5V8 ha capacità di 4nF). L'uso di questi componenti per la protezione delle linee di segnale va quindi studiata con attenzione per non compromettere l'integrità del segnale stesso. Nel nostro caso, viste le basse frequenze in gioco, l'effetto è modesto. E' interessante però notare come l'impedenza di ingresso sia ridotta a qualche centinaio di kiloohm ad 1KHz dai 10 Mohm nominali. Una famiglia equivalente è costituita dai Transzorb (nome registrato dal costruttore).

SCHEMA ELETTRICO

Iniziamo la descrizione dello schema partendo dal circuito alimentatore. Si è scelto per semplicità l'alimentazione duale, suggerita dall'uso dell'Amplificatore di Isolamento. E' possibile infatti utilizzare ISO124 con alimentazione singola ma a spese di una maggiore complessità circuitale (vedi Application Note REF 12). L'alimentazione è fornita da due pile 9 V ciascuna delle quali alimenta un regolatore LM7805 per ottenere la tensione di alimentazione positiva ed un LTC1044 in cascata per ottenere la tensione negativa. U1 ed U2 generano VS1 e –VS1, alimentazioni dell'amplificatore di ingresso. U3 ed U4 generano VS2 e –VS2 utilizzate per l'alimentazione isolata della sezione di uscita dell'Amplificatore di Isolamento U6. La durata prevista di batterie di buona qualità è circa dieci ore di funzionamento continuo. Notare che i due rami risultano elettricamente isolati e del tutto indipendenti. Nel caso non sia impiegato U6, tutta la circuiteria relativa ad U3 ed U4 può essere omessa dal montaggio. Ingresso (pin 15) ed uscita (pin7) andranno in tal caso cortocircuitati sul circuito stampato, come pure il pin 8 con la massa della circuiteria di U5. Descriviamo in dettaglio il ramo +/-VS1, tutti i commenti sono validi anche per il ramo gemello +/-VS2. Immediatamente a valle del doppio interruttore SW1/SW2, troviamo un diodo in serie che realizza la protezione contro accidentali inversioni di polarità. Una soluzione ancora migliore potrebbe essere l'inserimento di un ponte raddrizzatore, eliminando cosi la necessità di rispettare una polarità definita per le connessioni di alimentazione. Tale soluzione comporta però un costo leggermente maggiore ed un ulteriore aumento della caduta di tensione e potenza dissipata dalla nostra protezione. Segue il condensatore di filtro principale ed una spia di accensione con un semplice controllo della carica della batteria. Il LED si spegne quando la tensione di batteria scende sotto i 9 V. Abbiamo infatti che la tensione ai capi della resistenza R1/LED è uguale a VBAT meno la caduta sul diodo di protezione D2, meno la tensione di zener. Diminuendo progressivamente VBAT per la scarica della pila, la tensione residua diventerà insufficiente ad accendere il LED, segnalando cosi la necessità di procedere alla sostituzione delle pile quando segnalato. Il circuito con i componenti a schema è dimensionato per LED rossi con VF di 1.6 V nominali. Il circuito si può dimensionare ed adattare a LED di diverso colore (aventi normalmente diverse tensioni dirette) con l'equazione seguente:

VBAT-0,7V= 120*I + VF+Vzener

Dove:

VBAT va diminuita di 0.7 V per tenere conto della caduta su D2, ove usato.

La corrente I deve essere sufficiente a portare il diodo zener in zona attiva e ad accendere il LED in modo visibile. VF è la caduta di tensione del LED scelto polarizzato direttamente (diodo in conduzione). Nel prototipo il LED è completamente spento a tensioni poco inferiori ad 8 V con un I circa 8mA. R2, D10, D12 potrebbero essere omesse ipotizzando una sostituzione globale delle pile. Il diodo D1 protegge il regolatore U1 dalla corrente di scarica del carico capacitivo offrendo una via alternativa a bassa impedenza, impedendo che sovracorrenti siano iniettate nell'uscita del regolatore durante i transitori di spegnimento. I datasheet ne raccomandano l'uso nel caso di carichi fortemente capacitivi e tensioni maggiori di 6V. Montare il diodo nel nostro circuito non sarebbe quindi strettamente necessario ma previsto per eccesso di zelo. Il diodo D5 protegge l'alimentatore da inversioni di polarità sul carico. Viene inserito in alimentatori di uso generale. Non essendo il nostro caso, potrebbe essere tranquillamente omesso. U2 è connesso come invertitore di tensione con la funzione BOOST, già introdotta. Veniamo ora alla sezione di misura. Lavorando in banda audio viene comodo utilizzare come connettori di ingresso ed uscita segnale dei jack 3.5 mm e 6.3mm. Un jack femmina mono (o stereo con un solo segnale più massa utilizzati) è quindi impiegato come connettore di ingresso da pannello per ciascun canale. Immediatamente dopo il connettore troviamo Il condensatore C14 che realizza l'accoppiamento AC, escludendo la componente continua dal segnale di ingresso. SW3 chiuso permette di realizzare invece l'accoppiamento in CC, cortocircuitando il condensatore. Notare l'elevata tensione massima sopportata da C14 che riduce la possibilità di danni al componente in presenza di sovratensioni in ingresso. Essendo montato direttamente sul deviatore SW3, non viene infatti protetto dal Transil D23 posto come prima protezione all'ingresso del circuito stampato. Il Transil BZW06-5V8 è stato scelto nella sua famiglia di appartenenza avendo la tensione di intervento minore disponibile, 5.8V. E' possibile che la scheda audio del vostro PC abbia un condensatore in serie al segnale di ingresso, la banda passante in questo caso non raggiungerà la continua e l'eventuale componente continua del segnale di ingresso non sarà comunque riprodotta. C14/SW3 sono seguiti dal partitore di tensione a due posizioni, x1 o x10. In entrambi i casi l'impedenza nominale di ingresso vista dal circuito sotto

misura è 10 Mohm (vedi descrizione Transil). Troviamo poi la rete di protezione dell'amplificatore composta da R4, D14 e D15. R4 limita la corrente di guasto eventualmente iniettata nell'ingresso dell'Amplificatore Operazionale ed è sovradimensionata in potenza e quindi tensione massima sopportabile per poter resistere a fenomeni di sovratensione ripetuti nel tempo. Va calcolata per limitare la corrente dovuta a sovratensioni residue ad un massimo di 5mA. I diodi di clamp D14 e D15 entrano in conduzione quando le tensioni in ingresso sono più positive di +VS1 o più negative di –VS1, rispettivamente, proteggendo gli ingressi dell'Amplificatore Operazionale. Come spesso capita in elettronica, questo circuito è in realtà più critico di quanto sembri ad una prima occhiata. Pur usando per D14/D15 diodi veloci, i diodi di protezione integrati nell'ingresso dell'operazionale potrebbero entrare in conduzione per primi, sopportando inizialmente il maggior carico dell'over-stress elettrico. Per migliorare l'efficacia di D14/D15, e quindi far si che assorbano la maggior porzione di sovracorrente, è importante che l'induttanza associata alle loro connessioni sia la più piccola possibile. Le tracce di connessione ed i terminali dei diodi saranno quindi mantenuti più corti possibile. Componenti a montaggio superficiale offrirebbero un vantaggio intrinseco in questa applicazione. Le correnti di perdita (leakage) dei diodi si aggiunge poi alla corrente degli ingressi dell'Amplificatore (piccola ma non nulla), contribuendo ad un errore di offset. L'errore può essere diverso in funzione dell'attenuazione attiva, impedendo di compensarlo con una taratura. Inizialmente si erano sperimentati diodi schottky tra i più facilmente reperibili, BAT85. La minore soglia dei diodi schottky rispetto ai diodi al silicio integrati, aiuterebbe a garantire che entrino in conduzione in anticipo rispetto ai veloci ma poco capaci in corrente, diodi interni. L'elevato offset dovuto all'importante corrente di leakage ne ha provocato la sostituzione con veloci diodi da commutazione, i classici 1N4148. Un'attenta ricerca di diodi schottky o tradizionali con basse correnti di leakage può quindi essere opportuna, qualora si voglia buona precisione in tensione continua. Anche nel caso la propria scheda audio sia accoppiata in alternata, è opportuno rendere minimo l'offset, per far lavorare nelle migliori condizioni l'Amplificatore Operazionale. I diodi D24 e D25 provvedono invece alla protezione degli ingressi dell'OpAmp da eccessive tensioni differenziali, impedendo differenze maggiori della loro tensione di caduta diretta,

circa 0.7V. Anche se siamo giustamente abituati a considerare nulla la differenza di tensione tra gli ingressi, tale condizione è in realtà soddisfatta solo dall'Amplificatore Operazionale ideale. Nella realtà in generale non sarà cosi e può essere opportuno limitare la tensione, considerando che la massima tensione sopportabile tra i pin 2-3 dal CA3140 è, da datasheet, 8 V. In questo caso la scelta dei componenti è meno critica. L'amplificatore Operazionale U5 realizza la funzione amplificatore/adattatore di impedenza chiave dell'applicazione. Per presentare un'elevata impedenza di ingresso, evitando di caricare il circuito sotto misura, si è scelta la configurazione non invertente. Quando si desideri amplificazione unitaria, U5 è connesso come inseguitore omettendo R9 e sostituendo R8 con un cortocircuito. Diversamente R8 ed R9 stabiliscono il guadagno con la solita formula:

A = 1 + R8 / R9

La resistenza R8 può essere mantenuta anche nella configurazione a guadagno unitario, come suggerito dal datasheet. La sua funzione consiste nel limitare la propagazione di eventuali sovratensioni ai circuiti interni con rischio di auto oscillazione o saturazione. Il condensatore C20 limita superiormente la banda di funzionamento del circuito. U5 prevede la possibilità di azzeramento dell'offset di ingresso, utilizzata in sede di collaudo e taratura. I condensatori C13/C21 e C15/C22 realizzano il bypass delle alimentazioni. Gli elettrolitici assicurano bassa impedenza dell'alimentazione nelle basse frequenze, i ceramici offrono bassa impedenza alle frequenze medie, prevenendo oscillazioni spurie dei veloci circuiti interni all'OPAMP [vedi REF7]. Occorre sempre ricordare che i transistori interni ai circuiti integrati possono avere frequenze di taglio di centinaia di megahertz, anche se il nostro circuito applicativo è progettato per lavorare a frequenze audio. I diodi Transil D13 e D16 realizzano la protezione dell'amplificatore da Electrical Over Stress, per usare la nomenclatura anglosassone, provenienti dall'alimentazione. La loro soglia di intervento dei componenti scelti BZW06-6V4 è circa 6,4 V, ben all'interno dei limiti massimi di tensione sopportata dall'operazionale ed abbastanza vicino al valore massimo di alimentazione presente nel circuito. Questa protezione è importante in applicazioni con alimentazione da rete, realizzando una rete di protezione a livelli multipli e coordinati con le protezioni previste sugli ingressi degli alimentatori. Lo scopo è tagliare le sovratensioni residue, sempre presenti perché nessuna protezione ha un comportamento ideale. Nel nostro caso di alimentazione a batteria, la sua presenza è una precauzione utile soprattutto verso ESD, si pensi ad esempio alla fase di sostituzione pile. Quando si desidera l'isolamento galvanico tra ingresso ed uscita, U6 è montato con sola funzione di separazione elettrica a guadagno unitario. Il filtraggio dell'alimentazione è realizzato in modo semplice ma aderente ai suggerimenti del costruttore. Il circuito di ingresso di U6 non ha protezioni dedicate in quanto inserito a valle del frontend vero e proprio, CA3140 che ha invece gli ingressi esposti verso l'esterno adeguatamente protetti. I diodi D18…20 limitano la tensione di cresta del segnale in uscita a circa 1.5V picco-picco, restando entro i limiti consigliati per il massimo segnale di ingresso delle moderne schede audio dei PC (tipicamente 1 V efficace). Questo impedisce la propagazione di eventuali segnali di livello eccessivo applicati all'ingresso del frontend, ad esempio a causa di una non corretta scelta dell'attenuazione. Come connettori di uscita si sono nuovamente usati dei jack femmina da pannello, in questo caso un jack stereo da 6.3mm. La connessione con l'ingresso della scheda audio PC può essere fatta con un corto cavo schermato intestato con connettori jack volanti maschi. Si raccomanda di non superare la lunghezza di 60 cm per non rischiare di in-

ESD
Elettro Static Discharge

L'accumulo di cariche elettriche statiche per strofinio è stato, insieme al fulmine, il primo fenomeno elettrico ad essere conosciuto dal Genere Umano. Tutti noi ne sperimentiamo gli effetti quando 'prendiamo la scossa' ad esempio inserendo la chiave nella serratura dell'auto in un giorno secco o ventoso. Questo è precisamente una manifestazione del fenomeno noto come ESD, Electro Static Discharge. Un accumulo di carica statica comporta l'instaurarsi di un potenziale elettrico (tensione). Il contatto o una ridotta distanza tra due corpi con potenziali diversi provoca un brusco passaggio di cariche elettriche (scarica) che riequilibra i potenziali reciproci. Non essendoci un generatore in grado di sostenere il fenomeno, ed essendo quindi limitate le energie in gioco, i transitori sono molto rapidi e si esauriscono in tempi molto brevi. Le tensioni generate dall'accumulo di carica possono facilmente raggiungere parecchi kilovolt (250 V fino a 15KV secondo REF[4]). Il fenomeno di scarica (ESD) può quindi creare danni in strutture sensibili, quali i circuiti integrati, danneggiando gli isolamenti o provocando la circolazione di correnti eccessive con fusioni totali o parziali delle strutture microscopiche. Le ESD possono avere effetti distruttivi palesi, interrompendo il funzionamento di un circuito integrato. Il loro effetto può spesso essere subdolo, provocando micro - danneggiamenti che possono evolvere in guasto in seguito a ripetuti episodi o instaurare un degrado delle prestazioni, pur non compromettendo immediatamente in modo evidente, il funzionamento dell'apparato in cui il componente è inserito. Tipico caso è l'aumento delle correnti di leakage in ingressi di Amplificatori di segnale a basso livello. Per questa ragione anche esperti professionisti possono essere portati a sottovalutare il fenomeno, dopotutto è difficile imputare un malfunzionamento o un guasto ad ESD senza applicare raffinate tecniche di analisi. I documenti REF [3] e REF [5] riportano interessanti fotografie dei danni prodotti a strutture di circuiti integrati da ESD e sovratensioni. L'intensità e frequenza dei fenomeni ESD dipende dalle caratteristiche dei materiali interessati, dalle condizioni di pulizia delle superfici coinvolte, dall'umidità ambientale. I fenomeni ESD sono quindi difficili da classificare a priori. Esiste la necessità di avere dati di riferimento per dimensionare correttamente le protezioni e progettare le idonee apparecchiature di prova. Le normative internazionali hanno cercato a tal scopo di classificare le più

frequenti condizioni causanti ESD, che un componente può incontrare nel processo di fabbricazione o nell'uso in servizio, definendone un modello.
Le espressioni Human Body Model (HBM), Machine Model (MM), Charged Device Model (CDM) identificano I tre modelli attualmente definiti ed usati come riferimento dall'industria manifatturiera elettronica e dai costruttori di semiconduttori, in particolare (per maggiori dettagli sulle normative vedere REF [6]) . Il modello HBM si riferisce alla situazione descritta in apertura, un contatto dovuto ad un essere umano. Questa è probabilmente la più frequente sorgente di ESD anche in servizio per apparecchiature quali elettrodomestici, personal computer, strumentazione. Il modello MM cerca di descrivere ESD generate nel funzionamento di macchine, quali accumuli di cariche dovute a parti in movimento, è stato proposto estrapolando il caso peggiore per HBM. Anche questo caso potrebbe ripresentarsi in servizio se classifichiamo qui la connessione di cavi, magari trascinati sul pavimento o superfici isolanti. Un'interessante analisi della scarica elettrostatica dovuta a cavi è contenuta in REF [8]. Il modello CDM simula i fenomeni ESD dovuti al contatto di uno o più pin di circuito integrato, elettricamente carichi con una superficie conduttiva a potenziale diverso (tipicamente massa), Questa situazione si può verificare soprattutto durante le fasi finali della produzione del circuito integrato e durante l'assemblaggio su schede, più difficilmente in campo una volta che l'applicazione sia stata costruita. Per ciascuno dei modelli è stato definito un circuito equivalente ed una forma d'onda tipica, come ben riportato in REF [4]. Procedure e precauzioni di manipolazione vengono caldamente raccomandate dai costruttori di dispositivi. Essi integrano anche protezioni apposite nella circuiteria degli Input/Output dei circuiti integrati e semiconduttori in genere. Purtroppo, l'intensità dei fenomeni incontrata dalle apparecchiature elettroniche è ben maggiore di quanto si riscontri nel controllato ambiente manifatturiero. I livelli di tensione massima delle specifiche a livello componente sono spesso simili ai livelli richiesti dalle normative a livello sistema (applicazione). Quello che cambia è il valore di picco della corrente di scarica che l'apparecchiatura è chiamata a sopportare in servizio. Non essendo possibile garantire che i nostri apparati siano esenti da ESD durante la loro vita operativa, è necessario quindi prevedere le opportune protezioni supplementari in fase di progetto, in modo da assistere ed alleviare l'eventuale intervento delle protezioni integrate.
Essenzialmente tre sono le strategie di base possibili, combinabili in varie configurazioni:
1)Scegliere componenti con buone protezioni integrate per le funzioni di Input/output. E' ad esempio il caso dei driver/receiver per linee di comunicazione RS232, CAN, USB etc dove si trovano componenti capaci di resistere a picchi di tensione molto più elevati degli standard 2KV. Non è infrequente trovare componenti garantiti per 15KV.
2)Protezione con elemento in parallelo. L'elemento non lineare in parallelo al circuito da proteggere, limitata l'ampiezza in tensione delle sovratensioni generate da ESD, offrendo un percorso a bassa impedenza verso massa per le tensioni elevate. Il picco di corrente generato dal guasto fluisce attraverso la protezione e non attraverso il circuito funzionale. Questa è la funzione svolta nel nostro Frontend da Transil e Transzorb.
3)Protezione con elemento in serie, destinato a limitare la corrente massima circolante in seguito al fenomeno. Si riconoscerà qui la funzione di R4
E' infine interessante notare che la circolazione di correnti impulsive con elevato contenuto di armoniche in alta frequenza, tipico dei fenomeni ESD, può indurre problemi di immunità elettromagnetica nei circuiti vittime del fenomeno.
Questo aspetto collaterale, meglio indirizzato in testi riguardanti la Compatibilità Elettromagnetica, contribuisce a ridurre la robustezza del nostro progetto ed offre ulteriori ragioni per prendere sul serio la mnaccia ESD.

trodurre problemi di stabilità per l'amplificatore di uscita dovuti al pilotaggio di elevati carichi capacitivi.

COLLAUDO

Il circuito è alloggiato in un contenitore Teko mod 104, in plastica facilmente lavorabile, con pannello metallico. Il pannello è stato forato, sono state realizzate le scritte con lettere trasferibili e poi protetto con smalto sintetico spray acquistato in un grande magazzino per bricolage. Sono stati montati tutti gli interruttori e deviatori facendo molta attenzione a non graffiare la superficie trattata. I cablaggi verso i connettori di ingresso ed uscita e verso i deviatori sono stati realizzati con spezzoni di cavo schermato. Le calze sono state saldate solo lato circuito stampato per evitare ground –loops. Assicurarsi che la calza del cavetto che collega il jack di ingresso con C14/SW3 sia connessa alla calza del cavetto che porta il segnale all'ingresso del circuito stampato. Le batterie sono state fissate al fondo del contenitore con nastro biadesivo, anche se sono disponibili in commercio clips per una più elegante soluzione di montaggio. Come si può vedere dalle fotografie, vi sono alcuni comandi e connettori di uscita aggiuntivi non ancora descritti. Nello stesso contenitore ho, infatti, montato un piccolo generatore di onde sinusoidali ed una sorgente DC calibrati. Essendo questi kit commerciali non sono descritti nel presente articolo. L'insieme Amplificatore più generatore di segnali costituisce un'elementare stazione di collaudo realizzata in poco spazio. Le sonde per prelevare i segnali dal circuito sotto misura potrebbero essere realizzate con un puntale da tester, con corto collegamento di massa munito di coccodrillo ed uno spezzone di cavetto schermato terminante con un jack maschio volante da inserire nel connettore di ingresso del nostro Frontend.Prepariamo il cavo di connessione dall'uscita al PC, usando uno spezzone di cavo schermato intestati con jack stereo 6,3 mm in partenza e jack stereo 3,5 mm in arrivo. Prepariamo anche un cavo jack stereo 3,5 mm - jack mono 3,5 mm per la connessione dell'ingresso del Frontend in fase di collaudo. L'unico strumento che supporremo disponibile per procedere al collaudo è un economico multimetro digitale (tester), oltre naturalmente al PC completo del programma oscilloscopio di vostra scelta. Per quanto mi riguarda, la scelta è caduta sull'ottimo programma Virtual Analyzer, già varie volte presentato con buon

dettaglio sulla rivista. Questo programma ha il vantaggio di possedere una funzione generatore di segnale che ben si presta a pilotare l'ingresso del nostro Frontend durante il collaudo. Il collaudo inizia prima di montare gli amplificatori U5 ed U6 su entrambi i canali di misura. Usando il tester come ohmetro nella portata più bassa disponibile, assicuriamoci che non vi siano cortocircuiti tra l'ingresso alimentazione e massa, quindi tra anodo di D2 e D8 verso massa, se montati i diodi anti-inversione polarità, o tra i capi di C4 e C10. Assicuriamoci anche che non vi siano cortocircuiti tra ciascun polo delle quattro alimentazioni (+VS1, -VS1, +VS2, -VS2) e tutti gli altri, tra ciascun polo e massa e tra le due masse isolate. Inseriamo una spina jack in cortocircuito nei connettori J1, commutiamo SW4 in posizione attenuazione x1 e SW3 in posizione 'DC' (SW3 chiuso). Colleghiamo BT1 e BT2, verifichiamo la corretta accensione dei LED D4 e D10. Usando il tester come voltmetro DC verifichiamo le tensioni di alimentazione:

VS1, VS2 +5V +/-5%

-VS1, -VS2 -5V +/-5%

Verifichiamo ora presenza e valore della tensione di alimentazione di U5 ai pin 4 e 7 e la tensione di uscita al pin 6 (attesi 0 V). Possiamo ora spegnere l'alimentazione ed assemblare gli amplificatori U5. Usando il tester come Voltmetro AC, verifichiamo che non vi siano tensioni alternate indice di auto oscillazioni sui pin 6 U5. Riportiamo il tester in DC e, sempre mantenendo la spina di corto circuito, regoliamo R6, per ridurre a zero la tensione continua di uscita di U5. Annulliamo in questo modo l'offset introdotto da sbilanciamenti dello stadio di ingresso dell'operazionale. Verifichiamo che l'uscita non cambi significativamente portando SW4 in posizione x10. Verifichiamo ora le tensioni di alimentazione di U6 ai pin 1,9 e 2, 10. Se tutto è a posto, spegniamo il circuito, montiamo U6 e misuriamo le sue tensioni di uscita in DC ed AC. Non avendo U6 regolazioni di offset, eventuali tensioni continue resteranno come errore sistematico del nostro canale di misura.Non dovremmo misurare apprezzabili tensioni AC.

Rimuoviamo la spina di corto circuito e misuriamo la tensione di uscita per accertarci che non vi siano tensioni maggiori di 1,5 V circa, DC o ac. Se tutto è a posto, dovremmo misurare solo una tensione di rumore di qualche millivolt. Ora che siamo certi dell'assenza di tensioni indesiderate e potenzialmente pericolose sull'uscita, possiamo collegare per la prima volta il nostro Frontend all'ingresso della scheda audio del Personal Computer / Oscilloscopio. Verifichiamo con il tester l'assenza di cortocircuiti sui cavi tra segnale - massa e segnale - segnale. Verifichiamo con il tester predisposto come voltmetro ac la presenza del segnale sul contatto jack corrispondente al segnale di ingresso, vedi configurazione del programma nel seguito. Visual Analyzer non ha una calibrazione permanente, misurando quindi il segnale in uscita con il voltmetro potremo quindi stabilire un rapporto tra le letture dell'oscilloscopio ed i livelli di segnale in ingresso, tenendo presente che stiamo lavorando con Amplificazione unitaria. Raccomando di scegliere per questa misura una frequenza del segnale generato all'interno della gamma di frequenza del multimetro, solitamente piuttosto limitata, 1KHz è un buon valore di riferimento. Il jack 3.5 del cavo di uscita del Frontend, va collegato alla presa jack azzurra (AUX) della scheda audio. Lanciamo il programma Visual Analyzer. Suggerisco di impratichirsi nell'uso dell'oscilloscopio e del generatore di funzioni (wave) selezionando come ingresso (barra menu, ultima voce a destra) la voce'mixer stereo'.

Senza alcun bisogno di connessioni esterne, questa configurazione permette di vedere subito l'effetto delle modifiche apportate a livelli, frequenze e base dei tempi.

Notare che nel caso vengano dubbi circa la generazione dei segnali in uscita, sarà semplice sincerarsi della loro presenza collegando le casse ed ascoltando i toni generati. Una volta a proprio agio, riverificheremo di nuovo la qualità del segnale visualizzato in condizioni di ingresso in corto circuito. L'ampiezza della fascia di rumore ci consente di valutare il rumore intrinseco del nostro canale di misura (amplificatore, cavi, convertitore della scheda audio). E' anche utile osservare la traccia con l'ingresso aperto.

Colleghiamo il cavo jack 3.5-jack3.5 all'uscita altoparlante del PC.

Questo sarà il nostro generatore di funzioni con cui valutare le prestazioni del Frontend sotto test. Impostiamo l'oscilloscopio:

- Selezioniamo sulla barra menù a destra 'Linea Ingresso'.
- Trigger ON, slope positiva.
- Asse x, 0.97ms/div (vedremo cosi circa un periodo a quadretto del segnale ad 1KHz.).
- Tutti i filtri disabilitati (default).

Abilitiamo l'Oscilloscopio con un click su 'ON', barra menù a sinistra.

Impostiamo poi il generatore, barra menù 'wave':

- Frequenza 1000 (Hz).
- Wave Function SINE.
- Livello di uscita circa 100mV (40% in questo caso).
- Enable.

Accendiamo il Frontend e facciamo un click sul pulsante 'ON' del pannello wave. Ora se tutto è a posto dovremmo vedere nella finestra Oscilloscopio la sinusoide ad 1 kHz in uscita dal nostro Frontend. Non si dovrebbero notare distorsioni apprezzabili della sinusoide e la traccia dovrebbe essere pulita, senza rumore sovrapposto. Possiamo ora commutare il partitore di ingresso in posizione x10 verificando l'attenuazione del segnale di ingresso. Verificheremo poi che il deviatore ac/dc non introduca variazioni apprezzabili del nostro segnale alternato, privo di componente continua. Possiamo ora misurare la banda passante del nostro Frontend. Ritorniamo al menù 'Wave' e scegliamo Wave Function Sweep. Osserviamo la finestra Spectrum Analyzer, vedremo una riga spostarsi da sinistra verso destra, inizialmente di ampiezza costante e poi decrescente. Il generatore di funzione genera, infatti, una frequenza singola, da cui la riga nello spettro, frequenza progressivamente crescente. Applicheremo la definizione di larghezza di banda, leggendo il valore in decibel sulla scala Y dello Spectrum Analyzer e cercando il punto sull'asse X per cui l'ampiezza è diminuita di 3 dB. La frequenza corrispondente è al limite superiore della banda passante. Possiamo anche servirci di un cursore posizionato 3dB sotto l'ampiezza a bassa frequenza. Nel prototipo la banda passante è risultata circa 16KHz, un po' inferiore a quanto atteso ed alla specifica desiderata ma sufficiente per gli scopi prefissi. Questa è in realtà la banda passante complessiva del canale di misura considerato, Generatore – Fron-

tend – Ingresso scheda audio. Senza strumentazione esterna più sofisticata, non abbiamo modo di raffinare la nostra indagine e verificare quale sia il fattore limitante.

USO DELLO STRUMENTO

L'uso dello strumento è molto semplice ma sono opportuni alcuni accorgimenti operativi. Le connessioni tra Frontend e PC andrebbero effettuate preferibilmente con entrambe le apparecchiature spente. Prima di toccare cavi e Frontend suggerisco di premere il palmo della mano contro il contenitore metallico del PC. In un moderno impianto elettrico, infatti, e comunque in un impianto eseguito a norma, il conduttore di terra mette a massa tutte le carcasse metalliche delle apparecchiature collegate alla rete. In questo modo scarichiamo l'energia statica accumulata su di noi e preveniamo, almeno per qualche tempo, la generazione di fenomeni ESD. Il jack 3.5 del cavo di uscita va collegato alla presa jack azzurra (AUX). Questo permette di evitare trattamenti del segnale e/o filtraggi non graditi nell'applicazione di cui ci stiamo occupando. Siamo, infatti, interessati a vedere nel modo più fedele possibile il segnale presentato all'ingresso. L'amplificatore dovrebbe essere inizialmente predisposto con attenuatore x10 e SW3 aperto (ac). Partiamo quindi dalla condizione di attenuazione massima e ci portiamo in seguito nelle condizioni operative più idonee ad osservare il segnale sotto esame. Evitiamo in questo modo il rischio di esporre ad elevati potenziali gli stadi di ingresso del nostro strumento. Analogamente, quando utilizziamo strumenti di misura su segnali non ben conosciuti, partiamo dalla portata più elevata aumentando gradualmente la sensibilità. Trattandosi di un amplificatore di tensione, lo strumento andrà connesso in parallelo ai circuiti da ispezionare, la sua sonda di ingresso va usata come la sonda di un voltmetro o di oscilloscopio.

CONCLUSIONI

Abbiamo definito uno schema con tutte le protezioni e lo abbiamo poi ridotto ad un ragionevole minimo, ragionando sul contesto in cui lo strumento è destinato ad operare. Abbiamo svolto, nel nostro piccolo, la ricerca del compromesso costo-prestazioni, preoccupazione costante di ogni progettista. Abbiamo anche introdotto precauzioni d'uso per evitare fenomeni ESD, molto importanti per coadiuvare le protezioni aggiunte al circuito. Spero abbiate trovato interessante la descrizione completa della costruzione di un piccolo ma utile strumento per un laboratorio casalingo in miniatura. ❏

CODICE MIP 500167

EMERGEN ON THE ROAD

Da un'idea molto ambiziosa nasce il progetto e-Road: emergency on the road.
L'idea è quella di apportare un contributo alla sicurezza a bordo di un qualsiasi tipo di mezzo di trasporto, in particolare un autoveicolo.
Il progetto è stato realizzato dagli alunni dell'ITIS "G.Peano" di Torino sotto la guida del prof. Domenico Galluzzo

a cura del prof. LUCIANO DE LUCCHI
dell'ITIS "G. Peano" di Torino

E' evidente che in caso di incidente stradale la tempestività dei soccorsi è fondamentale ed è fortemente dipendente dalla rapidità della richiesta di aiuto. Da un attento esame dell'intervallo temporale che intercorre fra il verificarsi dell'incidente e l'arrivo dei soccorsi abbiamo facilmente riconosciuto due momenti: 1) il *tempo di chiamata TC* che intercorre fra l'incidente e la richiesta di soccorsi, 2) il *tempo di risposta TR* fra la richiesta e l'arrivo dei soccorsi. In molti casi il fallimento o la complicazione delle operazioni di soccorso può essere causata non solo da un lungo tempo di risposta *TR*, dovuto ad esempio al traffico o alla distanza, ma anche da una eccessiva dilatazione del tempo di chiamata *TC*, dovuta a diverse cause:

- perdita di conoscenza delle persone coinvolte nell'incidente;
- impossibilità di movimento delle stesse;
- danneggiamento degli apparecchi di telecomunicazione personali (cellulari);
- incidente in zona poco frequentata.

A ciò si aggiunga ancora che una delle cause dell'allungamento del tempo di risposta *TR* può essere la difficile individuazione del luogo dell'incidente. Analizzando la situazione, ci siamo resi conto di essere in possesso, come studenti dell'Istituto Tecnico di Elettronica e Telecomunicazioni, delle conoscenze tecnologiche adatte ad intervenire positivamente su entrambi i tempi *TC* e *TR*. Moduli GPS e GSM, microcontrollori e pacchetti informatici hanno mostrato di possedere le peculiarità indispensabili al nostro scopo e dopo un'attenta progettazione e una faticosa fase di sviluppo l'alchimia desiderata si è finalmente materializzata.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Il principio su cui si basa il sistema da noi ideato e realizzato potrebbe essere chiamato di "localizzazione continua". Il modulo GPS (*global positioning system*), posizionato a bordo dell'autoveicolo, rileva la posizione di quest'ultimo in continuazione con la frequenza di 1 Hz e la invia ad un microcontrollore, anch'esso a bordo, insieme con altri dati, fra i quali quali la velocità dell'autoveicolo. Il microcontrollore provvede a mantenere in memoria gli ultimi dati ricevuti, per poterli a momento debito utilizzare. L'autoveicolo è provvisto di una serie di sensori (di *crash*, di scoppio dell'*airbag*, di *rollover*), che in ca-

so di incidente intervengono segnalando la loro attivazione al microcontrollore. Questo prepara allora istantaneamente un messaggio, contenente tutti i dati fondamentali, come le coordinate della vettura, la sua velocità subito prima e subito dopo l'incidente, lo stato dei sensori e quindi la tipologia dell'incidente, la targa dell'autoveicolo, ecc. e lo predispone per essere trasmesso alla centrale di pronto intervento. Prima però dal modulo GSM (*global system for mobile*) presente sul veicolo parte automaticamente una richiesta di chiamata vocale alla centrale, che risponde con un operatore. Questi tenta di mettersi in contatto vocale con i passeggeri del veicolo. Se il contatto riesce, ossia se qualcuno risponde dalla vettura, verrà richiesto un giudizio sulla gravità dell'incidente ed in base alla risposta potranno essere inviati i soccorsi. Se invece, in caso di incidente grave, il contatto vocale non viene stabilito, dopo un ragionevole intervallo di tempo, dal GSM della vettura parte automaticamente via SMS il messaggio precedentemente predisposto. Per ogni evenienza il messaggio viene inviato anche in caso di contatto vocale avvenuto. Nella centrale è presente un secondo modulo GSM, che consente il collegamento vocale e SMS, un microcontrollore per la sua gestione e per l'invio del messaggio SMS ad un computer tramite porta USB. Il messaggio arriva quindi nel PC dove gira un apposito software per l'elaborazione dei dati contenuti nel messaggio. Questo software, ultimato quanto prima dalla sezione di Informatica dell'Istituto, prevede la visualizzazione in apposita finestra dei dati trasmessi tramite SMS, in particolare le coordinate, la targa del veicolo, le velocità durante l'incidente, lo stato dei sensori. Lo stesso software richiamerà a pieno schermo uno dei tanti programmi di cartografia dotati di localizzatore di posizione. Per il momento ci si è limitati ad utilizzare direttamente il pacchetto di cartografia *Microsoft Autoroute*, che, con le coordinate di localizzazione contenute nell'SMS, si è rivelato in grado indicare con estrema precisione su una mappa la posizione dell'autoveicolo. Ci ha colto una certa emozione quando abbiamo effettuato la prima prova e sullo schermo del PC è apparso, dopo qualche secondo dall'incidente simulato, il cerchietto rosso indicante la posizione del nostro laboratorio affacciato su corso Venezia. Ci siamo poi spostati per la scuola, sempre con il GPS ben esposto verso il satellite, e i cerchietti di localizzazione hanno segnato sullo schermo il nostro percorso. Le prove successive sono state fatte installando il dispositivo su una vera autovettura; i contatti fra centrale e veicolo sono stati mantenuti tramite il collegamento vocale di cui è dotato il nostro sistema. Durante queste prove ci siamo accorti della necessità di dotare il sistema a bordo dell'autoveicolo di un *tasto rosso di emergenza*, in grado di attivare tutta la procedura di chiamata per via manuale, nel caso in cui, anche senza che si sia verificato un incidente, il guidatore si trovi nella necessità di chiamare soccorso.

Figura 1: schema della configurazione hardware.

PROBLEMI E SCELTE TECNICHE

Il canale SMS

Utilizzare il messaggio via SMS come vettore di informazione ci è sembrato da subito il sistema più pratico ed imme-

Figura 5: schema dell'unità di controllo del trasmettitore.

diato, non privo però di qualche inconveniente in vista di uno sviluppo commerciale del prodotto:

- l'invio di un SMS non garantisce l'effettiva e celere consegna dello stesso al destinatario;
- il servizio di certificazione dell'avvenuta consegna dell'SMS utilizza lo stesso canale SMS ed è affetto quindi dagli stessi problemi di latenza e dispersione propri del servizio.

Figura 2: configurazione hardware del modulo Rx.

A questo punto lo sviluppo del progetto ha subito una battuta di arresto, pur avendo raggiunto il sistema una buona stabilità. Si è passati allora ad una fase di ricerca per un sistema alternativo più sicuro.

Il canale GPRS

L'idea di utilizzare il canale di telefonia GPRS (*general packet radio service*) ci ha intrigato non poco. Questo canale offre delle possibilità molto interessanti:

- trasferimento dati a pacchetto;
- connessione di tipo PTP (*point to point*);
- notevole velocità di trasmissione;
- costi di connessione inferiori, perché legati alla quantità di byte trasmessi;
- pieno supporto al WAP.

Potendo sfruttare il servizio, avremmo avuto modo innanzi tutto di garantire l'avvenuta ricezione dei dati. Inoltre il supporto al WAP avrebbe facilmente aperto le porte alla creazione di un sito web *on-line* per l'interazione tra le varie centrali operative. Si sono però evidenziati problemi di fondo piuttosto pesanti, in primis la diffusione tutt'altro che capillare della rete GPRS.

Il canale dati GSM

La ricerca è quindi continuata e si è approdati ad una meta che è inizialmente parsa sicura: la *trasmissione dati* su canale GSM. Questo particolare tipo di servizio avrebbe permesso di veicolare dati su di un canale GSM abilitato, mediante una tipologia di *Sim card* chiamata M2M (*machine to machine*) alla velocità di 9600 kbps, alla stregua di una connessione PSTN classica. Purtroppo limiti di carattere non tecnico ma commerciale (richiesta al gestore per l'apertura di un canale dati, ecc), ci hanno impedito di proseguire su questa strada anche se siamo convinti che essa rappresenti la soluzione più idonea.

Modulo GPS

Anche per questo modulo ci sono stati problemi di scelta. Alla fine si è scelto un modulo GPS con collegamento seriale via cavo, a 14 canali, che ha garantito sempre una discreta affidabilità, pur mostrando problemi di sensibilità nella rilevazione del segnale a freddo. Si è pensato anche ad un modulo GPS - Bluetooth, ma alcune perplessità in merito alla sicurezza e alla stabilità di tale connessione *wireless* ci hanno fatto recedere. Alla fine di tutti questi tentativi, incalzati dalla scadenza del termine di consegna del progetto, abbiamo optato per il canale GSM con collegamento vocale e successivo messaggio SMS.

DESCRIZIONE GENERALE DEL SISTEMA

Verrà data ora una descrizione generale del sistema e-Road; più avanti seguirà una descrizione più completa e particolareggiata, con l'ausilio di schemi e fotografie. Il sistema si compone di un modulo trasmittente (Tx), da installare sull'autoveicolo, e un modulo ricevente connesso al PC e residente nella centrale operativa.

Modulo Tx

Si prevede, dopo una accurata fase di ingegnerizzazione e miniaturizzazione, di installare questo modulo, debitamente protetto in una speciale "scatola nera", su automobili,

motoveicoli, autocarri, bus. La sua configurazione hardware è schematicamente illustrata in **figura 1**; essa comprende:

- un microcontrollore;
- un modulo GPS RS-232;
- un modulo GSM - GPRS;
- una unità vivavoce con microfono e altoparlante;
- un display di controllo;
- una serie di sensori.

Modulo Rx

Questo modulo viene installato in sala operativa in collegamento con il PC. Quest'ultimo sarà corredato da un software di cartografia ed un programma sviluppato ad hoc, che appoggiandosi ad un *framework dinamico* (sul web o in una rete locale), permette di memorizzare la storia completa e sempre interrogabile di tutti i dati relativi alle chiamate e agli SMS ricevuti. L'interfaccia, possiede per motivi di sicurezza una memoria tampone hardware, in grado di salvare gli ultimi 10 SMS. La configurazione hardware del modulo Rx è mostrata in **figura 2** e comprende:

Figura 3: il modulo GSM.

- un microcontrollore;
- un modulo GSM - GPRS;
- un visualizzatore LCD;
- una unità vivavoce con cuffie e microfono.

DESCRIZIONE TECNICA DEL SISTEMA

Il sistema e-Road è stato realizzato e progettato con periferiche che sfruttano le nuove tecnologie in soluzione *embedded* (integrata); esse si presentano come moduli aventi la possibilità di essere interfacciati ad un microcontrollore tramite bus seriale con protocollo RS-232. Durante la fase di progettazione si è deciso di utilizzare un modulo GPS seriale, due moduli GSM - GPRS seriali e due microcontrollori di ultima generazione realizzati in *nanotecnologia*. Per il sistema di trasmissione, che risiede a bordo dell'autoveicolo, si è impiegato il microcontrollore PIC18F4620 della Microchip e per il sistema di ricezione, che risiede nella centrale operativa, il microcontrollore PIC18F2620 della stessa Casa. Il sistema dei sensori posizionati sul veicolo, che comunicano l'avvenuto impatto al microcontrollore e provocano l'inizio della procedura automatizzata di richiesta di soccorso, è stato realizzato con dispositivi e porte logiche caratterizzate da un tempo di risposta molto ridotto (circa 20 ns), per garantire la corretta registrazione dello stato dei sensori durante le rapide fasi dell'incidente.

SOFTWARE DI COMUNICAZIONE

Protocollo di comunicazione GSM

La comunicazione con i moduli GPS e GSM viene totalmente gestita dal microcontrollore che si occupa di interrogare e dialogare con i moduli per rendere operativo il sistema. Il modulo GSM (visibile in **figura 3**) comunica tramite comandi che sfruttano il *protocollo AT.* Tali comandi sono caratterizzati da stringhe composte da caratteri codificati in ASCII che rispettano una sintassi caratteristica per ogni specifico comando AT. La struttura della sintassi di un generico comando AT è composta da un prefisso formato dalle lettere "AT", seguito dal codice del comando prescelto. Esempio di chiamata vocale verso un numero telefonico:
ATD=3343481960; composizione del numero da chiamare
OK; risposta del modulo GSM
ATH; interrompe la chiamata uscente.
OK; risposta del modulo GSM.
Il modulo GSM, dopo aver verificato la correttezza del comando AT inviato dal microcontrollore, genera un comando di risposta che corrisponde ai caratteri ASCII "OK". Nel caso in cui il modulo non abbia ricevuto un comando valido, esso genera un comando di risposta che corrisponde ai caratteri ASCII "+ERROR". Per attivare il sistema di invio e ricezione di

Figura 6: schema dell'unità di controllo del ricevitore.

messaggi SMS (Short Message System), è necessario impostare il modulo GSM in modalità testo tramite il comando "AT+CMGF=1". Dopo aver abilitato la modalità testo, è possibile predisporre il modulo per l'invio e la ricezione del messaggio di testo che contiene le coordinate e le altre informazioni relative all veicolo coinvolto nel sinistro stradale. La velocità di comunicazione tra il microcontrollore e il modulo GSM è pari a 9600 baud. Tale velocità è adatta ad ottenere una trasmissione corretta e veloce.

Protocollo di comunicazione GPS

Il modulo GPS **(vedi figura 4)** con comunicazione seriale può ricevere i satelliti su 12 canali differenti con una sensibilità massima di -145 Dbm. Queste caratteristiche offrono buone garanzie sulla correttezza dei dati inviati dai satelliti di localizzazione GPS e quindi sulla precisione della localizzazione. Il modulo GPS seriale comunica con il microcontrollore tramite stringhe codificate nel protocollo NMEA (National Marine Electronics Association). Le stringhe NMEA sono composte da caratteri codificati in ASCII (1 byte per ogni carattere) e hanno lunghezza variabile rispetto al tipo di dati rilevati dal modulo GPS. La generica stringa NMEA è composta da un prefisso preceduto dal carattere $, che indica il codice operativo della stringa. Seguono i dati riguardanti la stringa prescelta, al termine dei quali è presente un controllo di protezione degli errori tramite *checksum* a 8 bit (di lunghezza 2 byte = 2 caratteri ASCII). La

stringa NMEA che contiene le coordinate terrestri rilevate dal modulo GPS, corrisponde al prefisso "GPGGA". Di seguito vengono elencate le proprietà e la disposizione dei dati di tale stringa, evidenziando in neretto le più interessanti per il nostro caso.

GGA - GPS FIX DATA Time, position and position-fix related data (number of satellites in use, HDOP, etc.).

Formato:
$GPGGA,<1>,<2>,<3>,<4>,<5>,<6>,<7>,<8>,<9>,M,<10>,M,<11>,<12>,*<13><CR><LF>
Esempio:
$GPGGA,104549.04,2447.2038,N,12100.4990,E,1,06,01.7,00078.8,M,0016.3,M,,*5C<CR><LF>

Dalla stringa "GPGGA" vengono rilevate l'ora UTC (Universal Timezone Coordinated) (campo1), la latitudine (campo 2), la longitudine (campo 4) e l'altitudine (campo 9). In questo modo vengono fornite le coordinate terrestri del veicolo. La velocità del veicolo viene rilevata tramite la stringa "GPVTG". Dal confronto fra la velocità prima e subito dopo l'incidente è possibile avere una prima idea del tipo e della gravità dell'incidente stesso. Il messaggio inviato alla centrale operativa, in caso di richiesta di soccorso, è composto da una stringa che contiene le coordinate terrestri del veicolo, l'ora in cui è avvenuto l'incidente, la velocità del veicolo, lo stato dei sensori che hanno rilevato l'impatto e il numero di targa che identifica il veicolo. Tale stringa è composta da un prefisso che contiene i caratteri ASCII "$GPSMS" e in successione sono presenti i dati relativi alla richiesta di soccorso del veicolo. Al termine della stringa è stato inserito un controllo di protezione degli errori tramite *checksum* a 8 bit, per garantire la correttezza dei dati ricevuti dalla centrale operativa.

Esempio di stringa inviata alla centrale operativa:
$GPSMS,130140.533,4512.7121,N,93402.1111,E,231.2,250.0,"DD818GC","A3"*

HARDWARE DEL SISTEMA

La progettazione è avvenuta suddividendo l'intero sistema in tre sezioni, in modo da permettere una maggiore funzionalità e organizzazione. Le sezioni sono:

- unità di controllo del trasmettitore;
- unità di controllo del ricevitore;
- unità di interfacciamento e controllo dei sensori.

Unità di controllo del trasmettitore

L'unità di controllo del trasmettitore, situato a bordo dell'auto **(vedi figura 5)**, è composta dal microcontrollore che assume la funzione di coordinare tutte le operazioni del sistema per la richiesta di soccorso in caso di incidente. Il microcontrollore PIC18F4620 lavora ad una frequenza di 20 MHz ed è caratterizzato da

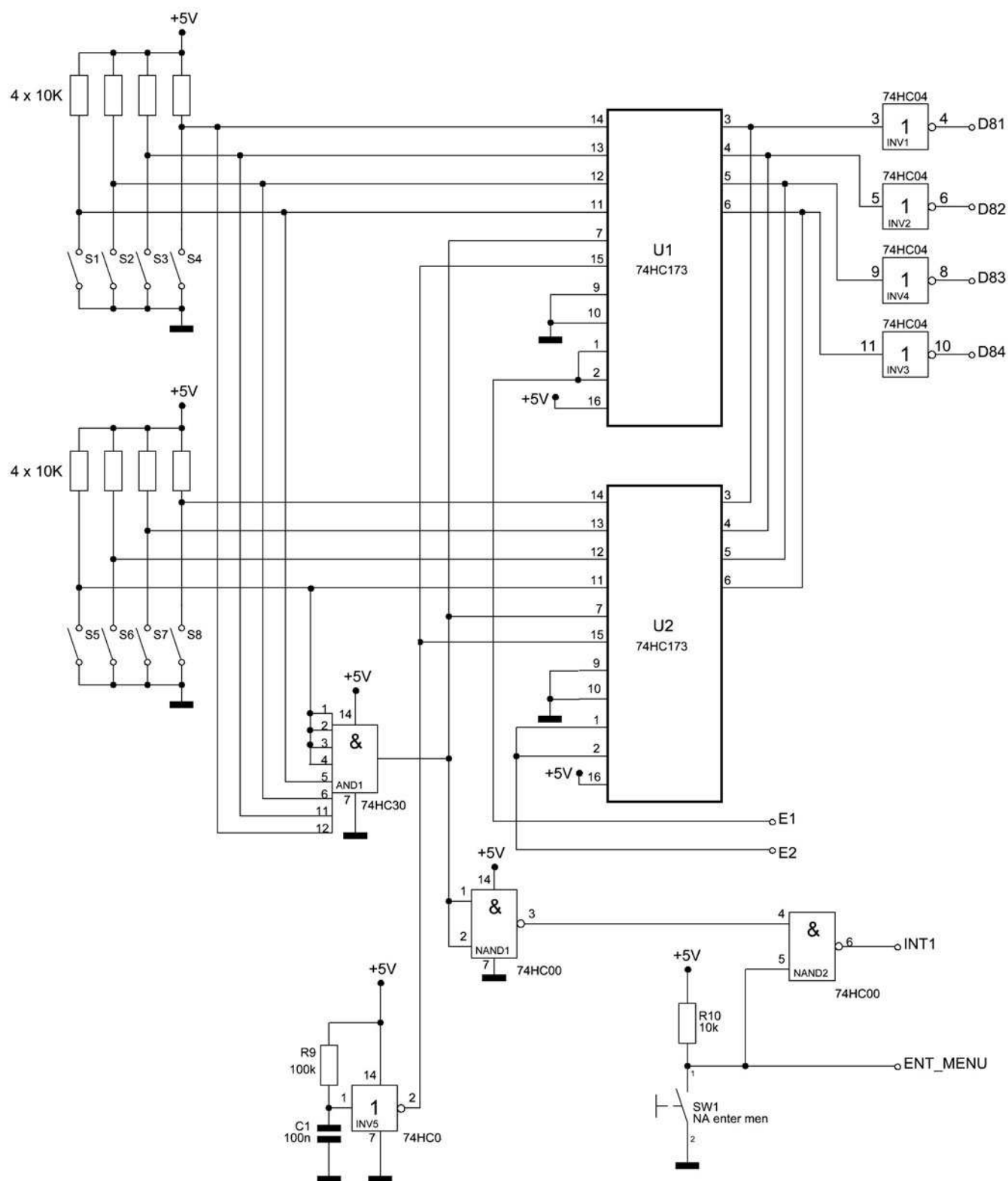
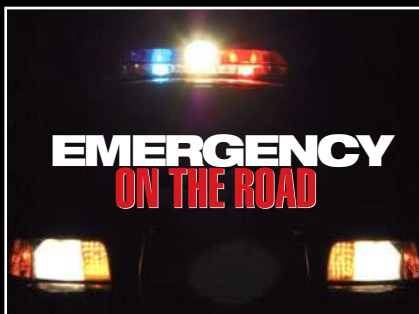



Figura 7: schema dell'unità di interfacciamento e controllo sensori.

4Kbyte di memoria RAM e da ben 64Kbyte di memoria FLASH. Il firmware che gestiste il microcontrollore è stato compilato in linguaggio C per garantire una struttura e una sintassi di programmazione più efficace possibile. Al PIC18F4620 sono stati interfacciati due convertitori di livello seriale RS232 (con sigla ST232) per poter adattare i livelli di tensione e rendere possibile la comunicazione con i moduli GPS e GSM. Inoltre al microcontrollore è stato collegato un display LCD per poter comunicare i messaggi di stato dell'intero sistema di trasmissione e i vari messaggi di errore. Il *led verde* lampeggiante indica uno stato corretto di funzionamento, in quanto il modulo GPS sta ricevendo dai satelliti dei dati corretti.

Unità di controllo del ricevitore

L'unità di controllo del ricevitore, situato nella centrale operativa **(vedi figura 6)**, è composta dal microcontrollore PIC18F2620 che presenta un'architettura analoga al microcontrollore precedente ma un numero di linee di input/output inferiore. Questo microcontrollore ha il compito di gestire la ricezione delle chiamate vocali e la ricezione degli SMS di soccorso, con relativa decodifica. Ad esso è stata interfacciata una memoria non volatile E2PROM seriale (sigla 24LC32) con protocollo di comunicazione I2C, caratterizzata da un'alta velocità di lettura e scrittura. In questa memoria vengono salvati fino a 10 messaggi di soccorso ricevuti per permettere di conservare i dati anche in caso in caso di

Figura 4: il modulo GPS.

ricezione di più messaggi di soccorso contemporanei. Al microcontrollore è collegato inoltre un display LCD per la visualizzazione dei messaggi di stato del sistema e i vari messaggi di errore. La comunicazione delle coordinate del veicolo al PC avviene tramite connessione USB. Questo tipo di collegamento è di tipo *Plug and Play*, e pertanto non necessita dell'installazione di driver specifici sul PC. Un *led rosso* segnala la presenza di chiamata vocale in arrivo; per rispondere alla chiamata è necessario premere il *pulsante verde* (SWANSWER), mentre per terminare la chiamate è necessario premere il *pulsante rosso* (SWHANG-UP).

Unità di interfacciamento e controllo dei sensori

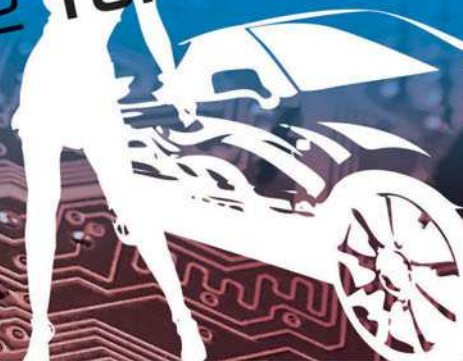
L'unità di interfacciamento e controllo **(vedi figura 7)** è composta da dispositivi e porte logiche integrate appartenenti alla famiglia 74HC (High Speed CMOS). Tali dispositivi logici sono caratterizzati da tempi di propagazione inferiori a 20 ns, dunque permettono un interfacciamento corretto al microcontrollore e trasmettono lo stato dei sensori in maniera affidabile anche in presenza di impatto multiplo in intervalli molto ravvicinati. Si è pensato di utilizzare fino ad un massimo di otto sensori (S1, ..., S8).

CONCLUSIONI

e-Road è stato realizzato dagli allievi Jacopo Cecchin, Marco Rotella e Mauro Levra della sezione Elettronica dell'ITIS "Peano" di Torino, coordinati dai proff. Luciano De Lucchi e Domenico Galluzzo. Questo progetto ha permesso agli studenti di toccare con mano le problematiche di progettazione dei sistemi elettronici e di mettere in pratica le conoscenze sulle moderne tecnologie come la comunicazione dati via GSM e la localizzazione satellitare mediante ricevitore GPS. ❑

CODICE MIP500166

ITIS "Giuseppe Peano" di Torino.

L'I.T.I.S. "Giuseppe Peano" di Torino iniziò la sua attività come istituito autonomo nell'anno scolastico 1961/62 con la specializzazione in "Elettronica Industriale". In breve tempo si affermò nel panorama scolastico superando il migliaio di iscritti con corsi diurni e serali, ponendosi sempre come scuola che ha sempre privilegiato l'innovazione e l'attualità dei contenuti, la qualità della preparazione ed una disciplina non oppressiva ma rigorosa.

TUTORIAL PIC32 (parte quarta)

L'USO delle PERIFERICHE

Nella puntata precedente si è avuto un primo approccio con dei semplici esempi di codice scritto in "C". Questo ha permesso di vedere come la gestione delle porte I/O sia molto semplice e assai simile a quella delle altre famiglie di microcontroller. Ora vediamo di analizzare le altre periferiche in modo da poterle utilizzare senza eccessiva difficoltà

Una delle caratteristiche innovative dei PIC32 è denominata "atomic bit manipulation". Questa denominazione indica la possibilità di gestire in maniera semplice ed efficiente i singoli bit di un qualunque registro. Per ciascun registro sono presenti anche altri registri chiamati: SET, CLR, INV. Per cui, per INTCON, si ha rispettivamente INTCONSET, INTCONCLR, INTCONINV. Settando un certo bit in uno dei registri appena citati, il bit ha la funzione di settare, resettare e invertire il bit del registro su cui si vuole intervenire. Si supponga di voler invertire lo stato del bit 9 del registro IFS1.
Con il metodo tradizionale si può utilizzare la seguente istruzione in C:

```
IFS1 ^= 0x0200;
```

Che può essere esplicitata in:

```
IFS1 = IFS ^ 0x0200;
```

Come si può intuire, una semplice operazione di inversione di un bit richiede una istruzione di una certa complessità tenendo conto che il compilatore esegue una conversione in assembler. Con il metodo della "atomic bit manipulation", il tutto si risolve con una semplice istruzione di assegnamento, molto poco dispendiosa a livello di assembler:

```
IFS1INV = 0x0200;
```

Questo tipo di registri particolari sono disponibili per tutti i registri interni dei PIC32, per cui è da tenerne conto durante la scrittura del firmware.

PORTE I/O

Riprendiamo il discorso su come gestire le porte I/O. Già si è visto nella scorsa puntata che i registri principali sono: TRIS per selezionare la direzione del flusso dei dati, LAT per gestire il latch interno che mantiene stabile il valore dei pin in uscite e PORT per l'accesso diretto ai pin. In caso di lettura conviene usare PORT, invece per la scrittura LAT, in quanto per la scrittura, nelle porte con pin di ingresso e uscita, viene anche valutato il valore dei pin all'ingresso e questo può fornire ri-

TABELLA 1:

TIPO	OSCILLATORE SECONDARIO	ASINCRONO CLOCK ESTERNO	16-BIT SINCRONO TIMER/CONTATORE	32-BIT SINCRONO TIMER/CONTATORE	GATE	TRIGGER AVANZATO
A	Si	Si	Si	No	Si	No
B	No	No	Si	Si	Si	Si

Nei PIC32 ci sono due tipi di timer: tipo "A" e tipo "B", a seconda se sono di tipo asincrono oppure sincrono.

sultati non corretti. Per una più veloce manipolazione dei singoli bit è possibile utilizzare i registri speciali: SET, CLR, INV. Oltre a questi basilari registri ce ne sono altri che possono risultare utili per una migliore gestione dell'hardware. Un esempio può essere il fatto di dover usare una uscita di tipo open-drain, in cui, quando si setta l'uscita tramite il registro LAT o PORT, il pin d'uscita viene cortocircuitato a massa, e ciò risulta utile per esempio per emulare un bus I^{2}C. Ecco che settando i bit del registro ODC è possibile abilitare la funzionalità di Open-Drain. Un altro esempio è la gestione del cambiamento di stato in un pin di ingresso in congiunzione dell'interrupt. I registri usati sono: CNCON, CNEN, CNPUE. Il primo registro, quello di controllo permette di abilitare il modulo Change Notice attraverso il bit ON. Il secondo consente di abilitare la funzione per ciascun singolo pin di ingresso. Il terzo invece abilita o meno la resistenza interna di pull-up utile per poter semplificare l'hardware esterno. E' pure necessario configurare opportunamente gli interrupt e le priorità. In particolare il registro IEC1 permette di agire sul bit CNIE per abilitare l'interrupt. Analogamente è possibile leggere il flag CNIF nel registro IFC1. Invece l'ultimo registro IPC6 serve per settare la priorità (CNIP) e la subpriorità (CNIS).

Il **listato 1** riporta un esempio concreto: CN1 (PortC), CN4 (PortB) e CN18 (PortF), RB5 e RB6 open-drain e RB6 con pull-up. Come si può vedere, le operazioni sono piuttosto semplici e intuitive. Infine è necessario scrivere la routine di ISR, ovvero la routine che viene chiamata dall'interrupt in caso di notifica di cambiamento di stato. Al suo termine si deve eseguire una lettura delle porte interessate per evitare che ci possano essere false attivazioni e cancellare il flag dell'interrupt.

LISTATO 1

```
// E' necessario disabilitare l'interrupt
// per evitare false attivazioni
CNCON = 0x0x8000;      // abilita il modulo Change Notice
CNEN = 0x00040012;     // abilita la notifica
                       // sui singoli ingressi
TRISBCLR = 0x60;       // setta RB5 e RB6 come uscite
ODCBSET = 0x60;        // setta RB5 e RB6 come open-drain
Temp = PORTB;          // leggi PortB per azzerare
                       // potenziali notifiche sospese
Temp = PORTC;          // stessa cosa per PortC
Temp = PORTF;          // stessa cosa per PortF
IPC6SET = 0x00140000; // setta la priorità a 5
IPC6SET = 0x00030000; // setta la sub-priorità a 3
IFS1CLR = 0x0001;      // cancella il flag di interrupt
IEC1SET = 0x0001;      // abilita l'interrupt
                       // alla notifica di cambiamento
// E' necessario abilitare gli interrupt.
```

TIMER

I timer sono fondamentali in un qualunque software. Le funzioni che possono svolgere sono molteplici, ma sostanzialmente sono: timer vero e proprio per generare una base dei tempi in unione ad un interrupt e contatore di impulsi di vario genere. Nei PIC32 ci sono due tipi di timer: tipo "A" e tipo "B", a seconda se sono di tipo asincrono oppure sincrono, come illustra la **tabella 1**.

Entrambi hanno i loro vantaggi:

- tipo A: possibilità di avere un oscillatore secondario e indipendente da quello primario e di poter funzionare anche in modalità SLEEP;
- tipo B: possibilità di avere un timer a 32 bit e di poter gestire particolari eventi di trigger (segnale di start per la conversione analogico-digitale ad intervalli regolari).

E' da tenere conto che i timer in realtà sono composti da registri a 16 bit, per cui quando vengono organizzati per avere un'ampiezza di 32 bit, in realtà vengono concatenati due timer (il 2 con il 4 e il 3 con il 5), per cui è da tenerne conto per non trovarsi senza timer per una errata valutazione dell'ampiezza dei timer. I registri cui fare riferimento sono TxCON per il controllo dei timer, TMRx per il settaggio del timer e PRx per la gestione del periodo. Inoltre, come per la maggior parte delle periferiche, è possibile attivare gli interrupt con i relativi livelli di priorità come già si è visto nel caso precedente (porte I/O) e gestire il tutto in maniera asincrona. Consideriamo dapprima la modalità di timer: il registro TMRx viene incrementato e confrontato con PRx: se sono uguali viene settato il flag di interrupt e l'interrupt scatta se è stato abilitato.

Ora vediamo alcuni esempi di inizializzazione dei diversi timer presenti.

Esempio di contatore sincrono a 16 bit

```
T2CON = 0x0;  //cancella
              //i settaggi
              //del timer 2,
              //prescaler 1:1
              //e sorgente
              //interna di clock
TMR2 = 0x0;   //cancella il
              //registro del timer
PR2 = 0xffff; //carica il valore
              //nel registro
              //del periodo
T2CONSET = 0x8000;
              //fai partire
              //il timer 2
```

Se invece si preferisce un fattore di Prescale 1:32, allora bisogna aggiungere prima dell'ultima istruzione la seguente riga di codice: `T2CON = 0x050;`.

Vediamo lo stesso esempio, ma con un'ampiezza di 32 bit.

E' da tenere conto che si utilizza la coppia di timer a 16 bit, come accennato in precedenza. Si ha quindi timer TimerXY dove TimerX è quello principale (timer 2 oppu-

LISTATO 2

```
AD1PCFG = 0xFFF7;              // RB3: ingresso analogico
AD1CON1 = 0x0;                 // azzeramento modulo A/D
AD1CHS = 0x00030000;           // selezione dell'opportu-
no ingresso multiplexer
AD1CSSL = 0x0;
AD1CON2 = 0x00;
AD1CON3 = 0x0002;              // selezione delle tempi-
stiche
AD1CONSET = 0x8000;            // accensione del modulo
I/O
AD1CON1SET = 0x0002;           // inizio campionamento
DelayNmSec(100);               // ritardo di 100ms
AD1CON1CLR = 0x0002;           // inizio conversione vera
e propria
While ( ! (AD1CON1 & 0x0001));// aspetta la fine
                               // della conversione
ADCvalue = ADC1BUF0;           // recupera il dato
                               // dalla prima locazione
                               // del buffer.
```

re 4) e quello secondario (timer 3 oppure 5, rispettivamente), per cui si fa riferimento ad un solo timer, quello principale .

```
T4CON = 0x00;     //ferma il timer 4
T5CON = 0x00;     //ferma il timer 5
T4CON = 0x0028;   //abilita la
                  //modalità a 32 bit
                  //con prescale a 1:4
TMR4 = 0x0;       //azzera il timer
                  //a 32 bit
                  //(è sufficiente
                  //solo per il timer 4)
PR4 = 0xffffffff; //carica il
                  //valore a 32 bit
T4CONSET = 0x8000; //fai
                  //partire
                  //il timer45
```

Come si può vedere i settaggi sono piuttosto semplici.
Ora consideriamo il caso di ottenere un contatore, molto utile per poter implementare in hardware un conta impulsi senza doverlo gestire in firmware con una bassa efficienza e dispendio di risorse da parte del microcontroller. Si parla di contatore, anziché di timer, quando il clock è esterno anzichè interno: questo dipende dal valore del bit TCS, Time Clock Source.

Contatore a 32 bit:

```
T4CON = 0x0;        //ferma il timer 4
T5CON = 0x0;        //ferma il timer 5
T4CONSET = 0x0096   //imposta a
                    //32 bit,
                    //clock esterno con
                    //pre-scale 1:8
TMR4 = 0x0;         //azzera contatore
PR4 = 0xffffffff;   //carica il
                    //valore a 32 bit
                    //nei registri
                    //PR4 e PR5
T4CONSET = 0x8000;  //fai
                    //partire
                    //il contatore
```

In realtà esiste anche una modalità intermedia tra timer e counter: gate. La parola inglese “gate” significa “porta”, ovvero il piedino TxCK permette o impedisce al clock interno di incrementare il timer.
Questa modalità può essere adoperata per la misura della durata di un impulso. Per entrare in questa modalità è necessario azzerare il bit TCS e settare il bit TGATE.
Non bisogna dimenticare che ogni timer e la sua combinazione può essere una sorgente per far scattare l'appropriato interrupt.
Un esempio di codice valido per le varie modalità di timer è il seguente:

```
IPC2SET = 0x0000000c; //setta
                      //la priorità a 3
IPC2SET = 0x00000001; //setta la
                      //sub-priorità
                      //a 1
IFS0CLR = 0x00000100; //azzera
                      //il flag
                      //dell'interrupt
IEC0SET = 0x00000100; //abilita
                      //l'interrupt
```

Ci sono parecchi dettagli che sono stati trascurati per problemi di spazio, per esempio le_considerazioni sulla latenza nella modalità di gate.

CONVERTITORE A/D

In un attuale sistema digitale non manca la parte analogica per l'interfacciamento verso il mondo reale. Ecco che la periferica A/D è di fondamentale importanza, perciò è necessario avere un minimo di confidenza per sapere utilizzare le funzioni di base.
Come accennato nelle prime puntate il convertitore analogico-digitale è basato sul metodo delle approssimazioni successive fornendo una risoluzione di 10 bit per un massimo di 16 ingressi multiplexati. Questi possono essere single-ended (riferiti a massa) oppure differenziali per un migliore interfacciamento verso molti tipi di sensori, grazie alla topologia a ponte. Inoltre esistono molte altre caratteristiche che rendono flessibile la periferica A/D.
Ci sono parecchi registri, di cui viene spiegato brevemente la funzione, suggerendo un approfondimento con la lettura del data sheet.
AD1CON1: accensione del modulo, selezione del formato in uscita, modalità di trigger per l'attivazione.
AD1CON2: gestione dei riferimenti Vref, dell'autocalibrazione, del buffer e delle modalità di attivazione dell'interrupt.
AD1CON3: gestione del clock e delle temporizzazioni del campionamento e della conversione.
AD1CHS: selezione degli ingressi multiplexati.
AD1PCFG: configurazione dei pin fisici.
AD1CSSL: selezione dei pin per l'autoscan.
Inoltre intervengono alcuni registri degli interrupt nel caso in cui si voglia gestire

l'ADC mediante interrupt, per esempio per una intelligente gestione di riduzione dei consumi energetici oppure per la gestione in un sistema operativo (conversione analogica-digitale non bloccante). Vengono usati i registri relativi alla abilitazione dell'interrupt, gestione dei flag e delle priorità.
Prima di procedere è utile sapere che il tempo totale di campionamento è dato dalla somma del tempo di acquisizione e di quello di conversione. Il tempo di acquisizione è dovuto al fatto che il segnale viene processato dal circuito di Sample & Hold necessario per poter presentare in uscita una tensione sufficientemente stabile per l'intera durata della conversione. Il tempo di conversione invece è necessario affinché il circuito delle approssimazioni successive fornisca un dato numerico nel formato richiesto.
E' pertanto doveroso prestare la dovuta attenzione al settaggio relativo alle tempistiche in rapporto alla frequenza di sistema. Per poter configurare correttamente il modulo A/D è necessario rispettare una serie di passi:

- configurazione dei pin di ingresso analogico;
- selezione del canale multiplexato;
- selezione del formato in uscita, clock;
- selezione del riferimento di tensione, tipo di scansione, buffer, interrupt;
- selezione delle temporizzazioni;
- accensione del modulo A/D.

A parte l'ultimo passo, che deve essere effettuato in ogni caso alla fine, gli altri passi possono seguire un qualunque altro ordine.

- Eventualmente selezionare gli interrupt e le relative priorità.

Infine avviene lo start della conversione vera e propria.
Merita un cenno il discorso del formato in uscita del dato a 10 bit. A seconda della selezione del registro AD1CON1, ci sono diversi formati numerici in cui elaborare il dato digitale con ampiezza a 16 oppure a 32 bit:

- intero;
- intero con segno;
- frazionario;
- frazionario con segno.

La scelta del tipo di formato è dovuta alla precisione dei calcoli matematici che elaboreranno il dato numerico. Per cui è inutile scegliere un formato a 32 bit, se tutte le variabili sono definite di tipo "integer". Bene immaginando che si è più interessati a vedere qualche riga di codice per poterla usare subito, passiamo ad alcuni esempi. La conversione manuale (start e stop) di un solo canale (RB3) con il formato dei dati in uscita è di tipo frazionario con segno con ampiezza di 32 bit (allineamento a sinistra) è riportata nel **listato 2**.
Come è stato accennato sia in questo paragrafo sia in quello precedente, è possibile fare interagire due periferiche tra di loro sgravando la cpu. In particolare si può settare il convertitore A/D in modo tale che la conversione avvenga in seguito ad un evento esterno, per esempio dall'overflow di uno dei timer opportunamente configurati.
Questa possibilità è molto interessante in quanto si predispone di un automatismo hardware piuttosto che occupare risorse software. Se non ci fosse stato questo tipo di meccanismo, un'alternativa sarebbe stata di utilizzare il timer per generare un interrupt periodico. La ISR legge il dato in uscita del modulo A/D che viene poi predisposto per una successiva conversione. Questo sistema funziona, senza dubbio, ma impegna la cpu per la ISR (Interrupt Service Routine).
Supponiamo quindi di utilizzare il timer 3 per andare a leggere il valore analogico presente su RB3.
Il codice relativo è riportato nel **listato 3**.
Questi sono solo due esempi, ma le impostazioni sono davvero tante e così pure la flessibilità è notevole nell'utilizzo. Si rimanda quindi al data sheet per maggiori approfondimenti.

LISTATO 3

```
AD1PCFG = 0xFFF7;           // RB3: ingresso analogico
AD1CON1 = 0x0040;           //  imposta  la  dipendenza  dal
timer 3
AD1CHS = 0x00030000;        // selezione dell'opportuno
                            // ingresso multiplexer
AD1CSSL = 0x0;
AD1CON2 = 0x00;
AD1CON3 = 0x0004;           // selezione delle tempistiche
TMR3 = 0x0000;              // imposta il timer 3
PR3 = 0x3ffff;              // valore PR
T3CON = 8010 ;              // il timer attiva
                            // il convertitore A/D
AD1CONSET = 0x8000;         // accensione del modulo I/O
AD1CON1SET = 0x0004;        // inizio campionamento
                            // azionato dal timer
AD1CONSET = 0x8000;         // accensione del modulo I/O
AD1CON1SET = 0x0002;        // inizio campionamento
While ( ! IFS1 & 0x0002)    // aspetta la fine
                            // della conversione
ADCvalue = ADC1BUF0;        // recupera il dato dalla prima
                            // locazione del buffer
IFS1CLR = 0x0002;           // cancella il flag
```

COMUNICAZIONE SERIALE

I PIC32 hanno un modulo seriale per la comunicazione seriale esterna. Normalmente le interfacce seriali si suddividono in sincrone e asincrone.
Vediamo brevemente di cosa si tratta:

- seriale sincrona: assieme ai dati da trasmettere e da ricevere viene anche reso disponibile il segnale di clock. Normalmente questo tipo di seriale è usato per la connessione ad altri circuiti integrati: per esempio, I^2C, SPI.
- seriale asincrona: vengono solamente trasmessi e ricevuti i dati. Il clock viene generato in locale. Normalmente questo ti-

po di seriale è usato per comunicazione verso apparecchiature esterne alla scheda del micro: per esempio, RS232, RS485, LIN. Vediamo l'ultimo caso: la seriale asincrona che ci permette una facile connessione verso un PC dotato di porta RS232.

COMUNICAZIONE SERIALE ASINCRONA

Il modulo di comunicazione seriale asincrono è molto utile per la comunicazione esterna, ovvero quella che va dal micro verso il mondo posto al di fuori della scheda e dall'apparecchiatura. Alcuni esempi possono essere le conosciute RS232 e RS485, l'IrDA e LIN.
Come suggerisce il nome stesso, per la comunicazione è sufficiente una linea per la trasmissione e una per la ricezione (in realtà per la RS485 il fili possono essere quattro per il tipo di comunicazione differenziale). Se si nota, non è citato il tipo di trasmissione, in quanto il mezzo trasmissivo in realtà, può essere di qualunque tipo: non solamente via filo, ma anche infrarosso. Fortunatamente il PIC32 è dotato dell'hardware necessario per supportare le varie tipologie di comunicazione asincrona.
I registri necessari per utilizzare la seriale sono i seguenti:

- UxMODE: abilitazione della seriale con la relativa selezione del tipo, impostazione dell'auto-baude, numero di bit, parità;
- UxSTA: registro di stato per impostare il tipo di interrupt e per rilevare informazioni sulla ricezione (indirizzo, errori, ecc.);
- UxTXREG: registro dedicato al dato da trasmettere;
- UxTXREG: registro dedicato al dato ricevuto;
- UxBRG: divisione per il baude rate.

Ci sono alcuni registri aggiuntivi relativi all'interrupt:

- IFSy: registro per la lettura dei flag di interrupt;
- IECy: registro per l'abilitazione degli interrupt;
- IPCz: registro per il settaggio delle priorità e delle sub-priorità;

La formula principale per il settaggio del baude rate dipende da alcuni parametri, in particolare dal valore del bit BRGH.

- Se BRGH=0: Fps / (16 * (UxBRG +1))
- Se BRGH=1: Fps / (4 * (UxBRG +1))

Il valore ottenuto normalmente non è un intero, per cui il baude rate non è quello teorico richiesto, ma il valore reale se ne discosta in una certa percentuale. Considerando questo valore è possibile capire se la trasmissione è affidabile, oppure se può presentare dei problemi in fase di ricezione. Nel data sheet ci sono parecchie tabelle con diverse frequenze Fps e vari valori di baud rate: si possono vedere le percentuali di errore tra il valore richiesto e quello effettivo e quindi scegliere la soluzione ottimale e più affidabile. Supponiamo di voler trasmettere un dato seriale con le canoniche impostazioni di 9600 bps, 1 bit stop, nessuna parità. Il primo step è di utilizzare la formula per poter calcolare il valore UxBRG a seconda della frequenza di sistema. Supponendo sia di 40MHz, per 9600 bps, si ottiene un valore pari a 25,042. Arrotondiamo a 25, visto che fisicamente un registro a 8, oppure 16 bit, non accetta valori frazionali. Usando la formula inversa, si ottiene che il baude rate è di 9615 bps, da cui si ricava un errore pari a 0,16%, che può anche essere accettabile.

```
U1BRG = 25;        //9600 bps
U1STA = 0x00;      //azzeramento
                   //registro di stato
U1MODE = 0x8000;   //8 bit,
                   //nessuna parità,
                   //1 bit di stop
U1STATSET = 0x0400 //Abilita la
                   //trasmissione
```

Per la trasmissione di un dato si esegue una scrittura nel registro U1TXREG, con allineamento a destra:

```
U1TXREG = TempValue.
```

Se si vuole trasmettere 9 bit anziché 8 canonici, è sufficiente settare entrambi i bit PDSEL del registro U1MODE. Sempre mediante questi bit è possibile scegliere la parità in modo da adattarsi ai sistemi connessi al chip. Invece a seconda dello stato del bit STSEL si può scegliere se 1 oppure 2 bit di stop. Invece per abilitare anche la lettura è necessario scrivere: *U1STATSET = 0x1400;*
Normalmente la lettura di un dato seriale viene gestita attraverso l'interrupt, perciò è necessario abilitare l'interrupt impostando anche la priorità e la sub-priorità. Per esempio, volendo impostare la priorità a 5 e la sub-priorità a 3, il codice è:

```
IFS0SET = 0x08000000; //cancella
                      //flag dell'in-
terrupt
IPC6SET = 0x0014;     //priorità a 5
IPC6SET = 0x0003;     //sub-priorità
                      //a 3
IEC0SET = 0x08000000; //abilita
                      //interrupt
                      //in ricezione
```

Eventualmente è anche possibile abilitare l'interrupt in caso di errore, e allora è necessario settare il bit UxEIE del registro IEC0. Per cui nella routine ISR si andrà a leggere il dato ricevuto:
TempValue = U1RXREG;.
Un'altra funzione interessante è l'auto baude rate: l'hardware è in grado di determinare la velocità di comunicazione del dato di test, di sincronismo che ha ricevuto. Affinché questo avvenga il trasmettitore, prima di inviare i dati veri e propri deve inviare il dato di sincronismo, pari a 0x55 ("U" in ASCII). Questo valore non è casuale, ma fa in modo tale che il duty-cycle del segnale sia pari al 50% per una migliore misurazione della frequenza. Per abilitare la funzione di auto baude rate è sufficiente settare il bit ABAUD del registro UxMODE assicurandosi che siano resettati i bit WAKE e LPBACK del registro UxMODE. Il bit ABAUDE viene cancellato in hardware alla fine della misurazione.

RTCC

Un modulo interessante e non presente nei PIC di fascia media e basse è il Real Time Clock and Calendar. Questa porzione di hardware permette di gestire in maniera facile ed automatica l'orologio (ore, minuti, secondi) e il datario (giorno, settimana, mese e anno) in diversi formati. Inoltre è disponibile una sezione per gestire gli allarmi e quindi per provvedere all'attivazione di un interrupt.
Ci sono diversi registri a disposizione:

- RTCCON per l'accensione del modulo, la calibrazione e altre impostazioni;
- RTCALRM per completa gestione degli allarmi;

• RTCTIME per poter leggere e scrivere i valori relativi al tempo dell'orologio;
• RTCDATE per poter leggere e scrivere i valori relativi alla data dell'orologio;
• ALRMTIME per poter leggere e scrivere i valori relativi al tempo dell'all0arme;
• ALRDATE per poter leggere e scrivere i valori relativi alla data dell'allarme.

Inoltre sono disponibili diversi bit per la gestione dell'interrupt:
• IFS1 per il flag dell'interrupt ;
• IEC8 per l'abilitazione dell'interrupt ;
• IPC8 per l'impostazione delle priorità e sub-priorità.

La base dei tempi dell'orologio è un quarzo a basso consumo da 32,768KHz.
Facciamo subito un esempio per poter scrivere un valore di tempo e data nei registri dell'RTCC.
E' necessario dapprima impostare l'oscillatore secondario utilizzando il codice le **listato 4**. Ora vediamo come usare la funzione di allarme, molto utile per la programmazione di eventi sincroni. Il seguente codice può essere aggiunto alle impostazioni dell'ora viste appena sopra:

```
//ore 6, minuti 54, secondi 0
unsigned long AlTime = 06540000;
//domenica 29 giugno 2008
usigned long AlDate = 08062907;
//aspetta che ALSYNC sia in off
while (RTCALRM & 0x1000);
//azzera i settaggi
RTCALRMCLR = 0xcfff;
//imposta l'ora di allarme
ALTIME = AlTime;
//imposta la data di allarme
ALDATE = AlDate;
//riabilita l'allarme e imposta
//l'allarme ogni giorno
//per 10 volte
RTCALRMSET = 0x8000 | 0x0609;
```

Se si vuole anche aggiungere l'interrupt, allora valgono le seguenti righe di codice:

```
//azzera flag di interrupt
IFS1CLR = 0x00008000;
//azzera la priorità
IPC8CLR = 0x1f000000;
//imposta priorità 3
//e sub-priorità 1
IPC8SET = 0x0d000000;
//abilita interrupt
IEC1SET = 0x00008000;
```

Il modulo RTCC ha una interessante funzione ed è quella dell'autocalibrazione. Nel registro RTCCON sono dedicati 10 bit alla calibrazione. Sostanzialmente mediante un altro timer si esegue una misura, la si confronta con il valore ideale e si ricava così l'errore che va scritto nel registro RTCCON, basandosi sulla seguente formula:
*Errori in cicli di clock al minuto = (Frequenza ideale (32,786KHz) - Frequenza Misurata) * 60*.
Il codice suggerito dalla Mcirochip per l'autocalibrazione è il seguente:

```
//valore di calibrazione
int caibrationl =x3fd;
//il modulo è acceso?
if (RTCCON & 0x8000) {
      Unsigned int t0, t1;
      do {
      //esegui prima lettura
      t0 = RTCTIME;
      t1 = RTCTIME;
      //esegui seconda lettura
      }
      //ripeti fino a quando
      //i valori sono diversi
      while (t0 != t1);
      //nel caso di secondo = 0,
      //allora
      if ((t0 & 0xff) = =0) {
      //aspetta fino a mezzo secondo
      while ( ! (RTCCON & 0x2));
      }
}
// azzera i bit di calibrazione
RTCCONCLR = 0x03FF0000;
RTCCONSET = caibration;
```

INTERRUPT

In ogni microcontroller l'interrupt costituisce un blocco molto importante. Fin da quando sono nati i microprocessori vi era comunque un blocco, seppur semplice, relativo all'interrupt. Questa struttura hardware permette di interrompere il flusso normale delle esecuzione di programma, per eseguire un altro flusso che consente di gestire la richiesta di interrupt. Guardando gli esempi proposti e leggendo il data sheet si può notare la presenza di moltissimi registri e questo può spaventare chi si avvicina ai PIC32. C'è da dire però che anche nella famiglia a 16 bit, il numero di registri dedicati all'interrupt controller è aumentato rispetto alla famiglia a 8 bit. I registri relativi all'abilitazione degli interrupt e alla lettura dei flag sono del tutto simili ad alcuni presenti nelle famiglie più piccole. Per esempio, l'interrupt relativo al modulo USB non è presente nei PIC16, mentre il registro INTCON c'è in tutte le famiglie, seppur con larghezza diverso del registro. Gli aspetti più interessanti invece sono:
• vettorializzazione degli interrupt;
• gestione flessibile delle priorità.

Consideriamo i due aspetti singolarmente. Il core M4K supporta due modalità di vettorializzazione degli interrupt: single-vector mode e multi-vector mode.
• Single mode: in questo caso vi è una sola locazione cui salta l'ISR, che poi dovrà andare a verificare la sorgente esatta della richiesta interrogando i vari flag disponibili.
• Multi mode: in questo secondo caso, per ogni interrupt vi è una locazione per ciascun ISR.

La scelta di utilizzare una modalità o un'altra, è dovuta a diversi fattori, quali, per esempio, la latenza nella risposta. Invece per quanto riguarda la gestione degli interrupt, Microchip si è mossa in questa direzione già con la famiglia PIC18 (due livelli: low e high) a 8 bit e PIC24 (interrupt ad 8 libelli) a 16 bit. Ora invece, con i PIC32, ci sono ancora gli 8 livelli di priorità, coadiuvati anche da delle sub-priority, delle priorità di livello più basso, che permettono di aumentare la granularità delle priorità. Questa granularità degli interrupt migliora la gestione degli interrupt con il medesimo livello di priorità. Per avere un'idea concreata dell'utilizzo degli interrupt si può fare riferimento agli esempi visti nel corso di questa puntata.

LA PROSSIMA PUNTATA

Gli esempi di configurazione e di utilizzo di alcune periferiche costituiscono una base di partenza per progetti più complessi. Però, come si può intuire, saper usare bene il PIC32 non è proprio banale. Microchip ancora una volta ci viene in aiuto, fornendo delle librerie gratuite per la configurazione e per l'utilizzo delle periferiche. Nella prossima puntata vedremo alcuni esempi di librerie. ❑

CODICE MIP 500165

di GIANLORENZO VALLE

Corso di Elettronica Digitale *(parte ottava)*

MACCHINE *a stati finiti*

In questo ottavo numero del corso di elettronica digitale verrà analizzato un metodo per la progettazione di macchine a stati finiti quali le reti sequenziali. L'argomento verrà trattato attraverso lo sviluppo di due semplici applicazioni

Nel precedente articolo del corso di elettronica digitale abbiamo completato lo studio dei circuiti sequenziali e delle loro principali applicazioni. In questa ottava puntata studieremo un metodo adatto a realizzare reti sequenziali a stati finiti. In particolare verranno descritti i diversi passi necessari alla realizzazione corretta del progetto, attraverso la costruzione del diagramma a stati e della tabella di transizione. Infine, attraverso le tecniche già analizzate delle mappe di Karnaugh realizzeremo il circuito logico. La trattazione farà riferimento a due esempi completi di progetto, che consentiranno una semplice comprensione dell'argomento.

MACCHINE SEQUENZIALI

Abbiamo esaminato negli articoli precedenti che i circuiti sequenziali dipendono dal valore logico assunto dagli ingressi in un dato istante e anche dal valore assunto dalle uscite nell'istante precedente. Tali circuiti sono dotati di memoria, ovvero lo stato logico nuovo assunto dalle uscite dipende anche dall'evoluzione passata degli ingressi. Il circuito, quindi, da uno stato presente si evolverà in uno stato futuro. Da qui si deduce il termine di *circuiti sequenziali,* in quanto lo stato attuale delle uscite è legato alla sequenza logica che ha caratterizzato le stesse in istanti precedenti. Una macchina sequenziale di questo tipo è realizzata praticamente da una rete necessaria a determinare il valore logico dello stato futuro partendo sia dallo stato presente che dalla combinazione che assumono gli ingressi. Si deduce che il circuito è costituito quindi da elementi di memoria, quali i flip-flop. In **figura 1** è riportato un modello generale di una rete sequenziale. Le macchine a stati finiti che esamineremo sono di tipo sincrono, ovvero le uscite e gli stati interni che evolvono nel tempo vengono aggiornati in corrispondenza delle transizioni valide del segnale di clock. I registri (flip-flop) sono gli elementi che permettono l'evoluzione tra stato presente e stato futuro, dato che mantengono memorizzate una serie di variabili interne atte a determinare proprio il nuovo stato. Per poter realizzare la rete sequenziale richiesta dal progetto è necessario descrivere gli stati del circuito, definendo per ognuno il valore assunto da ingressi e uscite. Questo può essere realizzato attraverso un *diagramma a stati,* chiamato *State Transition Diagram* (STD). In esso sono rappresentati i diversi stati logici della macchina e le transizioni che permettono il passaggio da uno stato all'altro. In particolare, gli stati che possono assumere le uscite sono rappresentate attraverso dei cerchi, mentre i passaggi da uno stato all'altro sono rappresentati at-

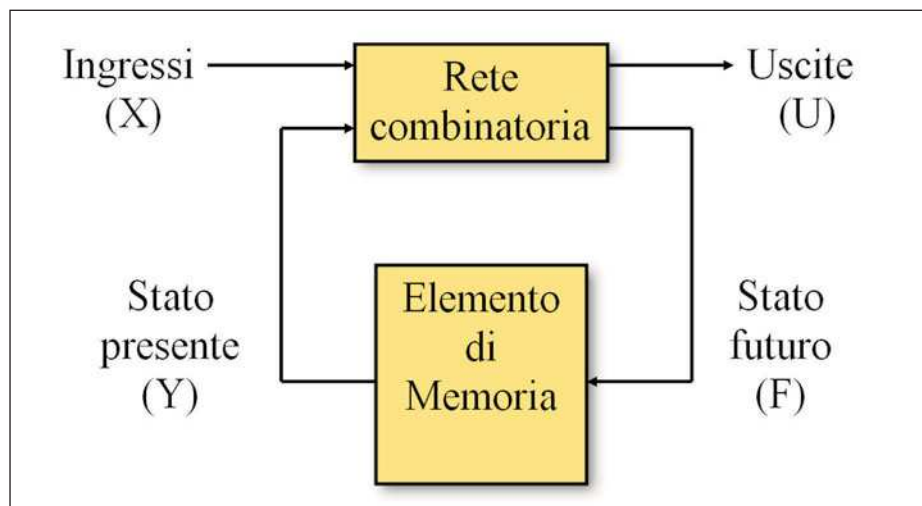



Figura 1: modello generale di un circuito logico sequenziale.

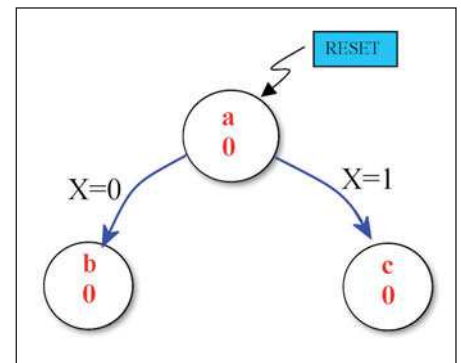
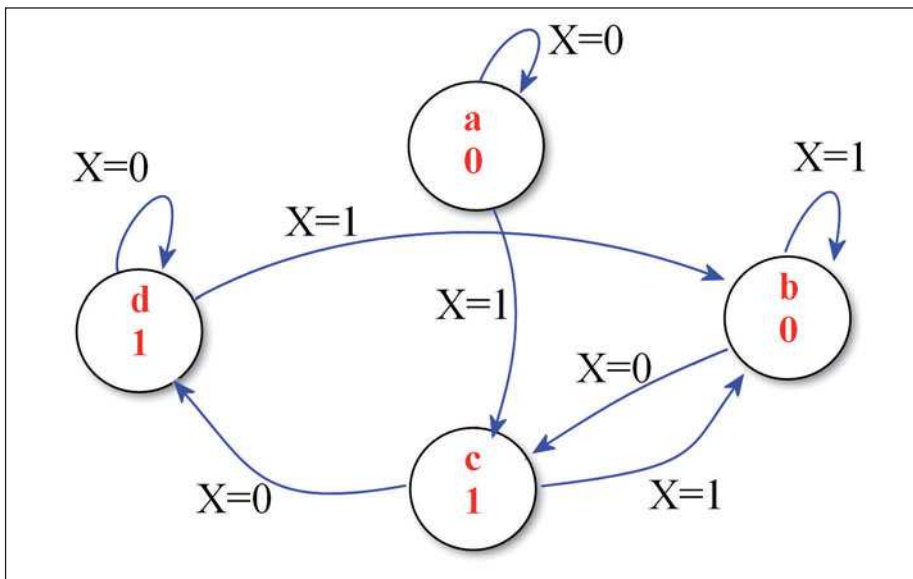



Figura 3: diagramma a stati iniziale.

Figura 2: esempio di diagramma a stati o pallogramma.

traverso delle frecce (archi), una per ogni possibile combinazione degli ingressi. In **figura 2** è riportato un esempio di diagramma a stati, noto anche con il termine più comune di *pallogramma.* Nella **figura 2** si notano 4 stati (cerchi), individuabili con le lettere *a, b, c, d*. In ogni cerchio, oltre al nome che identifica lo stato, è riportato il valore assunto dall'uscita (in questo caso particolare il circuito è costituito da una sola uscita). Le frecce identificano le transizioni che permettono il passaggio nei diversi stati dell'uscita; vicino ad esse è possibile notare il valore assunto dall'ingresso che determina la transizione. E' semplice comprendere, che se l'uscita si trova nello stato iniziale *a* (livello logico basso), essa può evolvere nello stato logico alto (stato *c*) se l'ingresso assume il valore uno. Viceversa, l'uscita continuerà a rimanere nello stato iniziale (*a*). Analogamente, se l'uscita si trova nello stato *c*, essa potrà evolvere allo stato *b* o *d* a seconda se l'ingresso assumerà il valore logico alto o basso. Dall'esempio riportato è evidente come i diversi stati dell'uscita sono dipendenti dallo stato che assumono gli ingressi, ma anche dallo stato assunto in precedenza dall'uscita. Realizzato il diagramma di stato è necessario riportare le informazioni ottenute in una tabella, detta *tabella di transizione* degli stati e delle uscite. Da essa si potranno ricavare le espressioni booleane necessarie a realizzare la rete logica. In realtà, nei nostri esempi realizzeremo tre tabelle che ci consentiranno di comprendere meglio come costruire la tabella di transizione. La fase successiva sarà la minimizzazione delle espressioni booleane, utilizzando come strumento le mappe di Karnaugh. Da esse sarà possibile determinare le funzioni logiche semplificate da cui verrà realizzato lo schema circuitale.

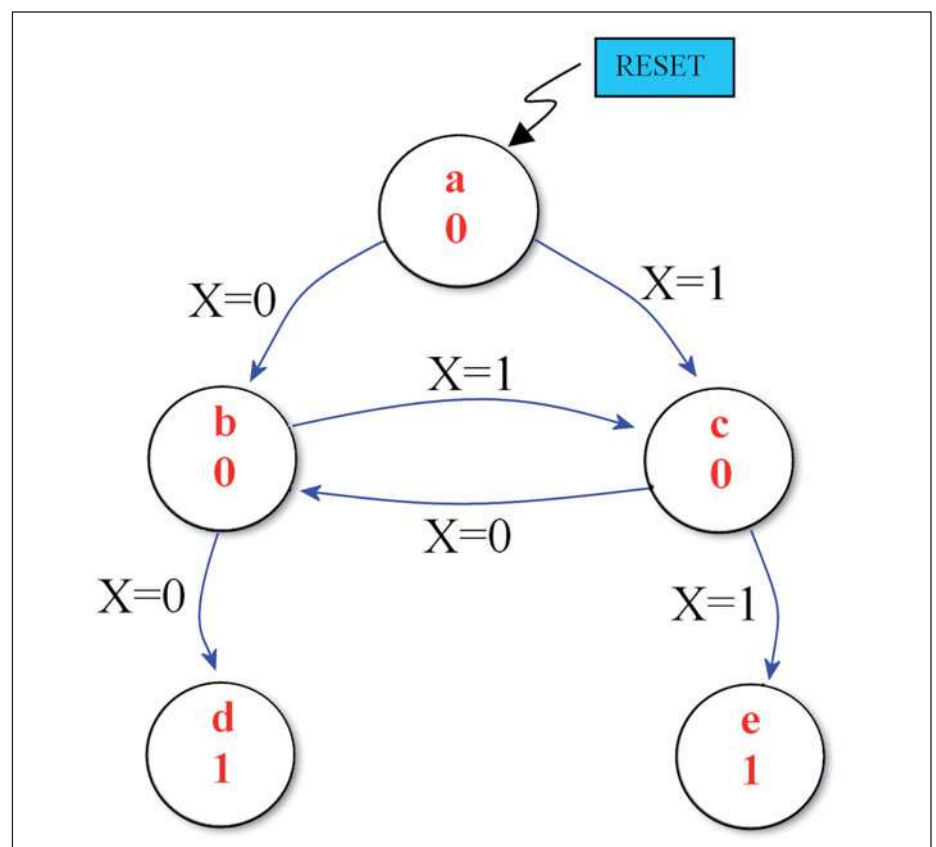



Figura 4: diagramma a stati.

ESEMPIO DI MACCHINA SEQUENZIALE

Come primo esempio realizzeremo un circuito digitale in grado di riconoscere che il valore logico dell'ingresso X attuale è uguale al valore presente nell'istante precedente. Se la condizione sarà verificata, il circuito dovrà porre l'uscita a uno, vi-

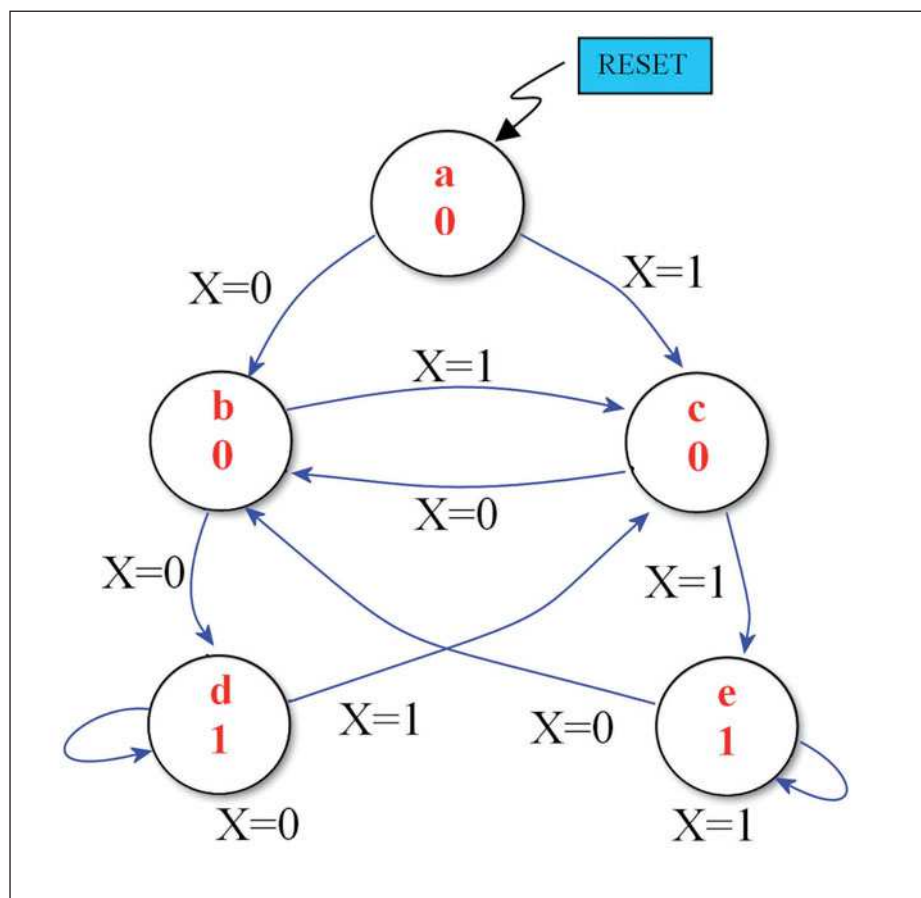



Figura 5: diagramma a stati completo.

STATO	INGRESSO	STATO FUTURO
a	0	b
a	1	c
b	0	d
b	1	c
c	1	e
c	0	b
d	0	d
d	1	c
e	1	e
e	0	b

Figura 6: tabella riassuntiva diagramma a stati.

STATO	Y2	Y1	Y0
a	0	0	0
b	0	0	1
c	0	1	0
d	0	1	1
e	1	1	0

Figura 7: tabella assegnazione dello stato con valore binario.

ceversa dovrà assumere il valore logico basso.

Definizione pallogramma

Per costruire il pallogramma, definiamo uno stato corrispondente allo stato iniziale (o di reset) del circuito e lo identifichiamo con la lettera *a,* in cui l'uscita assumerà il valore logico basso. Nell'istante successivo al reset, in corrispondenza della prima transizione valida del clock, l'ingresso potrà assumere il livello logico basso o il livello logico alto. A seconda del valore assunto definiamo due stati, identificati con *b* e *c.* In **figura 3** è riportato il grafico fin qui descritto. Dallo stato *b* possiamo individuare due possibili eventi a seconda del valore logico che l'ingresso avrà assunto sulla nuova transizione valida del clock. Se lo stato logico assunto è basso (uguale al precedente che ha determinato lo stato *b*), la macchina si porta in un nuovo stato (*d*), in cui l'uscita assume il valore logico alto. Viceversa, se l'ingresso assume il livello logico alto, vado nello stato *c*. Analogamente, dallo stato *c*, possiamo individuare

STATO	Y2	Y1	Y0	X	F2	F1	F0	STATO FUTURO
a	0	0	0	0	0	0	1	b
a	0	0	0	1	0	1	0	c
b	0	0	1	0	0	1	1	d
b	0	0	1	1	0	1	0	c
c	0	1	0	0	0	0	1	b
c	0	1	0	1	1	1	0	e
d	0	1	1	0	0	1	1	d
d	0	1	1	1	0	1	0	c
-	0	0	0	0	-	-	-	-
-	1	0	0	1	-	-	-	-
-	1	0	1	0	-	-	-	-
-	1	0	1	1	-	-	-	-
e	1	1	0	0	0	0	1	b
e	1	1	0	1	1	1	0	e
-	1	1	1	0	-	-	-	-
-	1	1	1	1	-	-	-	-

Figura 8: tabella di transizione.

due possibili eventi, dipendenti sempre dallo stato assunto dall'ingresso in corrispondenza del fronte valido del segnale di clock. In tal caso, se lo logico dell'ingresso risulta alto, la macchina si porta in un nuovo stato (*e*), in cui l'uscita assume il valore logico alto. Viceversa, se l'ingresso assume il livello logico basso, la macchina si porta nello stato *b*. In **figura 4** è riportato il grafico con gli stati e le transizioni descritte. Per completare il diagramma a stati è necessario definire ancora alcune transizioni. Infatti, sono ancora da definire le transizioni in funzione dell'ingresso per gli stati *d* ed *e.* Lo stato *d* viene confermato se l'ingresso continua a rimanere basso. Viceversa se l'ingresso si porta al valore logico alto, lo stato in cui si porta la macchina è il *c*. Un successivo evento che conferma lo stato alto dell'ingresso, porterà la macchina nello stato *e* con l'uscita a uno. Le stesse considerazioni vanno fatte se lo stato *e* è quello di partenza. In tal caso, l'ingresso alto conferma quello presente nell'istante precedente, quindi la macchina deve rimanere nello stato *e.* Invece, la presenza in ingresso di un valore logico basso porta la macchina sequenziale nello stato *c*. In **figura 5** è mostrato il diagramma a stati completo.

Definizione tabella di transizione

Dal pallogramma ottenuto, identifichiamo 5 stati: *a,b,c,d,e.* Applicando il logaritmo in base 2 al numero di stati identificati, troviamo il numero necessario di flip-flop per realizzare la macchina sequenziale. In formule:

$$numero_di_flipflop = \log_2 numero_stati = \log_2 5 = 3$$

Per realizzare tale circuito sono necessari 3 flip-flop, che costituiscono gli elementi di memoria del circuito. Oltre ad essi è ora necessario determinare la rete combinatoria necessaria a stabilire sia gli stati futuri che l'uscita. Per definire la rete combinatoria che determina gli stati futuri a partire dallo stato memorizzato nei flip-flop e dallo stato presente all'ingresso è necessario definire la tabella di transizione, da cui, attraverso il processo di minimizzazione, otterremo le espressioni booleane. Nella tabella di transizione sono riportati i diversi stati possibili, le transizioni e i valori assunti dall'uscita. Per semplicità, ci costruiamo una prima tabella

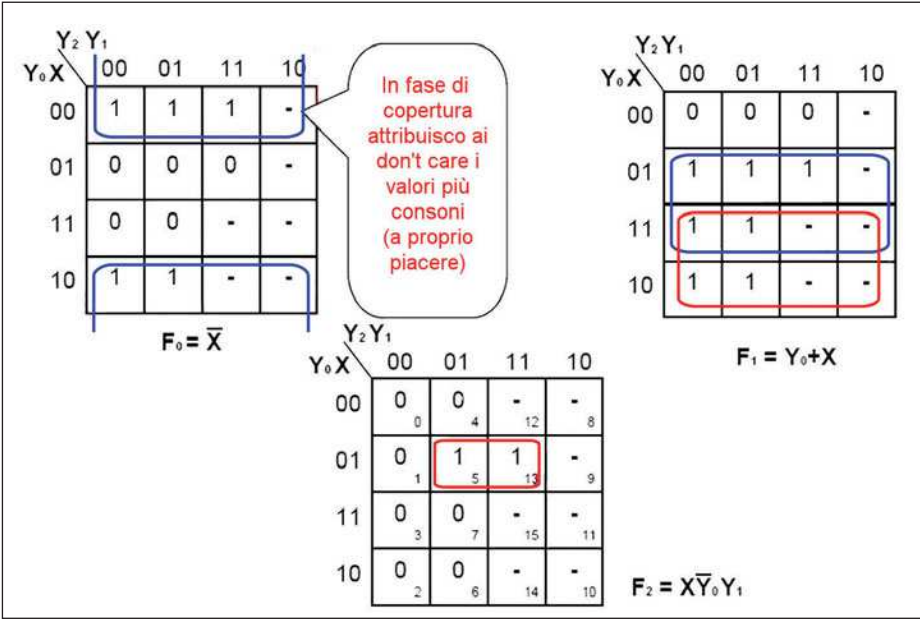



Figura 9: mappe di Karnaugh.

(figura 6) in cui riportiamo lo stato presente, il valore dell'ingresso e lo stato futuro in cui la macchina sequenziale si deve evolvere. Ad esempio, dalla tabella possiamo notare che se lo stato presente è il *b* e l'ingresso assume il valore di uno, lo stato futuro in cui la macchina evolve è il *c*. In altre parole, abbiamo tradotto in tabella quanto realizzato graficamente attraverso il diagramma a stati. A questo punto, ci costruiamo una seconda tabella, in cui definiamo per ogni stato un corrispettivo valore binario che permetta di individuare univocamente lo stato della macchina **(figura 7)**. La prima colonna riporta i nomi con cui abbiamo identificato i diversi stati, mentre la seconda colonna riporta i valori logici che assumono le uscite dei tre flip-flop per ogni stato. La tabella conclusiva **(figura 8)** riporta nella prima colonna tutte le possibili combinazioni delle tre uscite dei flip-flop Ye dell'ingresso X (2^4=16), che rappresentano gli ingressi della rete combinatoria. Nella seconda colonna identifichiamo i valori in binario degli stati futuri, che rappresentano le uscite della rete logica. Ad esempio, dalla prima riga possiamo notare che lo stato presente *a* e l'ingresso X=0, fanno evolvere la macchina nello stato *b.* Nella tabella, per maggior comprensione sono riportati gli stati con il nome con cui li abbiamo identificati nel pallogramma. E' possibile notare come in

STATO	Y2	Y1	Y0	U
a	0	0	0	0
b	0	0	1	0
c	0	1	0	0
d	0	1	1	1
-	1	0	0	-
-	1	0	1	-
e	1	1	0	1
-	1	1	1	-

Figura 10: tabella della verità e mappa di Karnaugh funzione di uscita.

alcuni casi non è definibile né lo stato né il valore a cui deve evolvere la macchina. Questi casi, identificati nella tabella con dei trattini sono detti *don't care*. L'esistenza di stati non definibili è da attribuire al fatto che abbiamo usato in realtà 3 flip-flop per codificare i 5 stati. In realtà, con 3 flip-flop possiamo identificare in modo univoco 8 stati (2^3=8). Ottenuta la tabella possiamo procedere alla fase di minimizzazione delle espressioni logiche. Come detto in precedenza, utilizziamo come metodo quello della mappe di Karnaugh, discus-

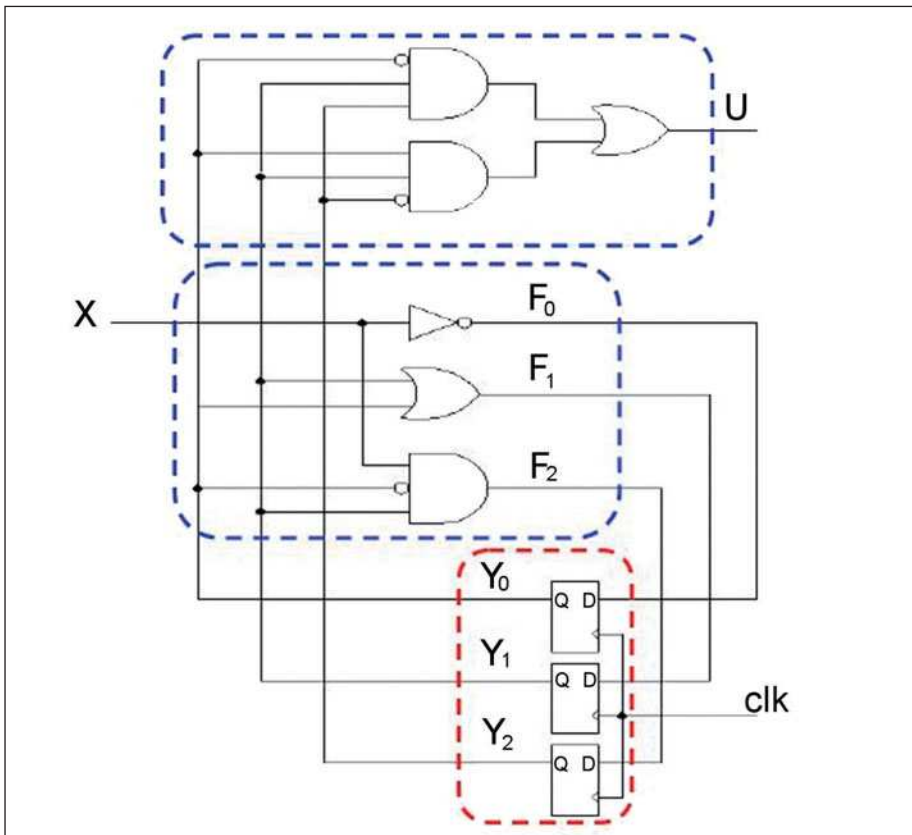



Figura 11: schema elettrico macchina sequenziale.

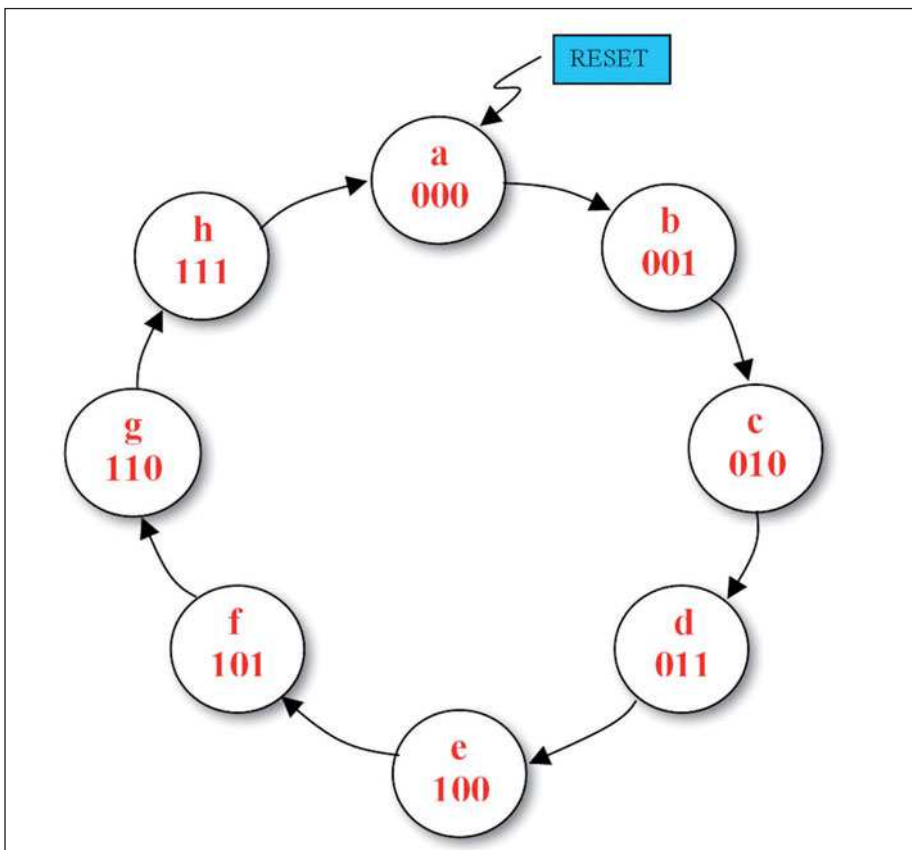



Figura 12: diagramma a stati contatore sincrono.

se all'inizio del corso. In **figura 9** sono riportate le tre mappe per ogni uscita con le relative coperture usate per la semplificazione dell'espressione logica. Per semplificare maggiormente il circuito, abbiamo utilizzato in fase di copertura i valori più consoni ai don't care in modo da massimizzare l'operazione di semplificazione. Le funzioni booelane che otteniamo risultano essere le seguenti:

$$F_0 = \overline{X}$$
$$F_1 = Y_0 + X$$
$$F_2 = X\overline{Y_0}Y_1$$

A questo punto dobbiamo determinare la funzione per la generazione dell'uscita. Anche in questo caso si procede costruendo una tabella della verità **(figura 10)**. Dato che l'uscita è dipendente solo dallo stato in cui si trova la macchina sequenziale, la tabella della verità è di facile realizzazione. Analizzando la **figura 10** si nota che nelle colonne di sinistra sono riportati i diversi stati, mentre nella colonna di destra è riportato lo stato logico dell'uscita. Anche in questo caso si hanno alcune condizioni di don't care. La **figura 10** riporta anche la mappa di Karnaugh ottenuta per ricavare la funzione minimizzata. Essa vale:

$$U = Y_2Y_1\overline{Y_0} + \overline{Y_2}Y_1Y_0$$

La **figura 11** riporta lo schema elettrico completo della macchina sequenziale. Per semplicità abbiamo utilizzato alcuni stati non definiti per massimizzare la copertura nelle mappe di Karnaugh. E' opportuno puntualizzare che se un errore porta la macchina in uno di questi stati, non è possibile conoscere come essa si evolverà nel futuro e quali valori logici saranno presenti in uscita. Una soluzione per ovviare al tale problema è quella di fissare, in questi casi, uno stato futuro che permette la macchina di entrare in uno stato di reset (nel nostro esempio possiamo sostituire i don't care presenti negli stati futuri con lo stato *a*). La presenza di una condizione non prevista all'ingresso della rete logica, porterebbe la macchina nello stato di reset. In compenso tale soluzione risulterebbe mag-

giormente complessa, in quanto le funzioni logiche da implementare non risulterebbero ridotte ai minimi termini. Nella realizzazione del circuito sono stati usati flip-flop di tipo D. Ricordiamo che tale flip-flop trasferisce il dato presente all'ingresso D in uscita (Q) quando il clock è sul fronte attivo. In tutti gli altri casi, il flip-flop mantiene il dato in memoria.

CONTATORE SINCRONO

Come secondo esempio di macchina sequenziale studiamo come realizzare un contatore sincrono modulo 8. L'argomento è stato già trattato in precedenza al corso, analizzando alcuni integrati commerciali che realizzano proprio la funzione di conteggio. In questo caso, l'esempio ci consentirà di approfondire ulteriormente il metodo di progetto di macchine sequenziali attraverso il diagramma a stati e la tabella delle transizioni.

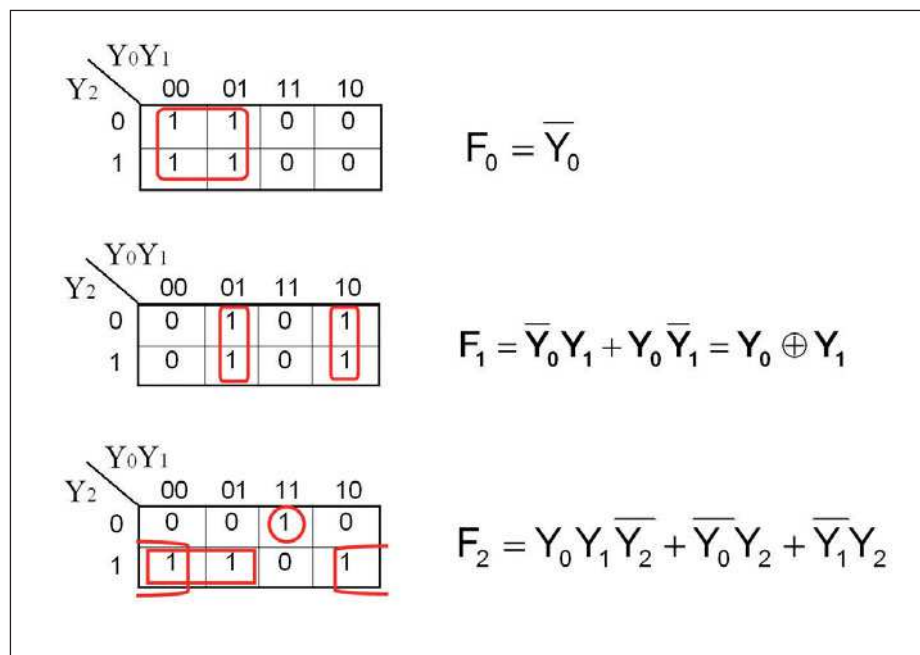



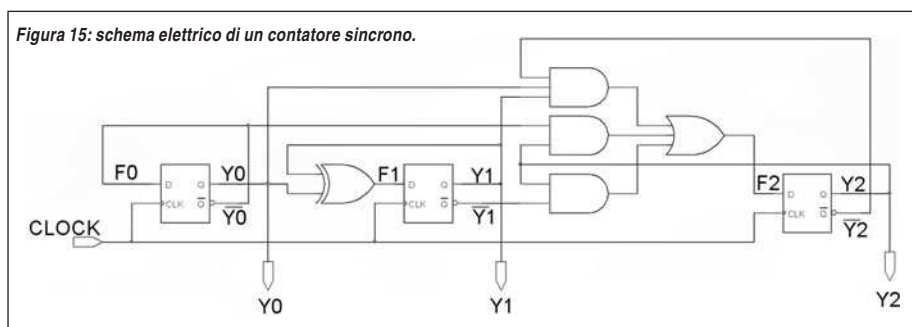
Figura 14: mappe di Karnaugh contatore sincrono.

STATO PRESENTE	STATO FUTURO
a	b
b	c
c	d
d	e
e	f
f	g
g	h
h	a

STATO	Y2	Y1	Y0
a	0	0	0
b	0	0	1
c	0	1	0
d	0	1	1
e	1	0	0
f	1	0	1
g	1	1	0
h	1	1	1

STATO PRESENTE	Y2	Y1	Y0	F2	F1	F0	STATO FUTURO
a	0	0	0	0	0	1	b
b	0	0	1	0	1	0	c
c	0	1	0	0	1	1	d
d	0	1	1	1	0	0	e
e	1	0	0	1	0	1	f
f	1	0	1	1	1	0	g
g	1	1	0	1	1	1	h
h	1	1	1	0	0	0	a

Figura 13: tabelle di transizione di un contatore sincrono.

Figura 15: schema elettrico di un contatore sincrono.

Definizione pallogramma contatore

Il pallogramma riportato in **figura 12** mostra la progressione degli stati e le relative uscite per un circuito sequenziale che realizza un contatore sincrono a tre bit. Tale circuito ha come ingresso il segnale di clock che determina la cadenza di conteggio e come uscite, le uscite Q dei tre flip-flop che costituiscono il contatore. Definiamo lo stato iniziale in cui le tre uscite dei tre flip-flop valgono 000. Quando arriva un impulso di clock, nella transizione valida il contatore cambia di stato e passa nello stato in cui le tre uscite valgono 001 e così via fino a quando il contatore termina il ciclo di conteggio. Come per l'esempio precedente, ogni cerchio rappresenta uno stato del contatore e gli archi orientati consentono di transitare da uno stato all'altro. I valori all'interno del cerchio, che individua lo stato del contatore, indicano la combinazione delle variabili di uscita. Ogni stato della macchina è individuato da una lettera *(a,b,c,d,e,f,g,h)*, per un totale di 8 stati. Possiamo quindi ricavare il numero di flip-flop necessari alla memorizzazione degli stati attraverso la relazione:

$$numero_di_flipflop = \log_2 numero_stati = \log_2 8 = 3$$

Risultano quindi necessari 3 flip-flop

Definizione tabella di transizione contatore sincrono

Ora cerchiamo di costruirci le tabelle necessarie a definire la rete combinatoria. In primo luogo costruiamo la prima tabella in cui riportiamo lo stato presente e lo stato futuro in cui la macchina sequenziale si deve evolvere. Nella seconda tabella definiamo per ogni stato della macchina il valore univoco assunto dalle uscite dei flip-flop. Infine costruiamo la tabella di transizione in cui sono riportati nella prima colonna tutte le possibili combinazioni delle tre uscite dei flip-flop Y (ingressi della rete combinatoria), che identificano lo stato presente, mentre nella seconda colonna riportiamo i valori in binario degli stati futuri, che rappresentano le uscite della rete combinatoria. Le tabelle sono riportate in **figura 13**. Rispetto all'esempio precedente, è possibile notare come non siano presenti condizioni di don't care. Infatti, in questo caso specifico gli stati possibili rappresentabili dalla macchina sono otto, che è il valore massimo rappresentabile con i tre bit dei flip-flop. In **figura 14** sono riportate le mappe di Karnaugh per procedere alla semplificazione delle funzioni logiche, da cui si ottengono le seguenti espressioni booleane:

$$F_0 = \overline{Y_0}$$

$$F_1 = \overline{Y_0}Y_1 + Y_0\overline{Y_1} = Y_0 \oplus Y_1$$

$$F_2 = Y_0Y_1\overline{Y_2} + \overline{Y_0}Y_2 + \overline{Y_1}Y_2$$

La **figura 15** riporta lo schema elettrico del contatore sincrono modulo 8 così ottenuto. Si noti l'utilizzo di flip-flop di tipo D come per l'esempio precedente ed inoltre l'uso dell'uscita negata del flip-flop al fine di non dover utilizzare le porte invertenti (NOT).

CONCLUSIONI

In questo puntata del corso di elettronica digitale abbiamo analizzato un metodo adatto a progettare macchine sequenziali complesse. I diagrammi a stati trovano diverse applicazioni nel campo dell'elettronica digitale, in particolare nei sistemi a microcontrollore. Completati gli argomenti relativi alla logica sequenziale, dalla prossima puntata analizzeremo le memorie, componenti essenziali nei circuiti digitali. In primo luogo esamineremo le diverse memorie esistenti sul mercato e successivamente focalizzeremo l'attenzione su quelle oggi maggiormente usate. ❑

CODICE MIP 500164

PESCARA 2008

ASSOCIAZIONE RADIOAMATORI ITALIANI

Sezione di PESCARA
Via delle Fornaci, 2
Tel 085 4714835 Fax 085 4711930
http://www.aripescara.org
e-mail: aripescara@aripescara.org

PROTEZIONE CIVILE

DXCC DESK

43ª FIERA MERCATO NAZIONALE DEL RADIOAMATORE DI PESCARA

29 - 30 NOVEMBRE 2008

SILVI MARINA (TE) - FIERA ADRIATICA - S.S.16 (Nazionale Adriatica) - Km. 432
SABATO 9:15 - 19:00 DOMENICA 9:00 - 19:00
AMPIO PARCHEGGIO GRATUITO - RISTORANTE - SELF SERVICE INTERNO

Fiera Adriatica
PALAUNIVERSO

powered by A.F.R.A.

CODICE MIP 279091

con il patrocinio di

Provincia di Pescara

Comune di Silvi

di GIOVANNI DI MARIA

MISURARE con l'oscilloscopio

(parte seconda)

A partire da questa puntata esaminiamo le caratteristiche peculiari del PoScope, utilizzandolo quale oscilloscopio tradizionale

Dopo aver conosciuto in dettaglio tutte le caratteristiche fisiche ed elettriche del PoScope, vogliamo adesso avvicinarci a quelli che sono gli scopi per cui esso è stato realizzato. In questa puntata studieremo il suo utilizzo da oscilloscopio in DC e AC. Vedremo che la sua potenza non ha nulla da invidiare con i colleghi più costosi e blasonati.

COS'È L'OSCILLOSCOPIO

Per chi non lo sapesse, un oscilloscopio è uno dei più utili strumenti di misura e di controllo con cui si ottiene una rappresentazione visuale dell'andamento temporale e quantitativa della grandezza in esame.
Normalmente la visualizzazione delle variazioni del segnale avviene sullo schermo a raggi catodici, nel quale un velocissimo pannello segue proporzionalmente l'andamento analogico del segnale.

COME SI MISURA UN SEGNALE

In condizioni normali, lo schermo di un oscilloscopio misura il segnale in senso temporale. La grandezza infatti è proporzionale alla deflessione verticale mentre la base dei tempi è rappresentata dalla deflessione orizzontale. Più veloce è il pennello elettronico più sarà grande la risoluzione temporale.

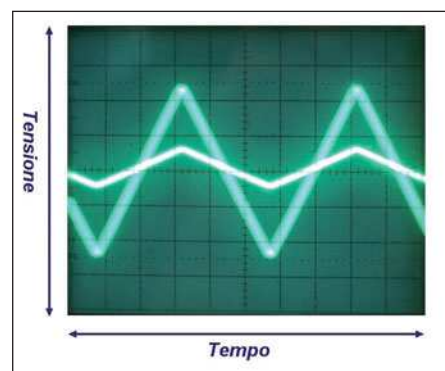



Figura 2: misura e andamento di un segnale con l'oscilloscopio.

Ingressi e controlli del Poscope

Come gli oscilloscopi professionali, il Poscope è dotato di ben due ingressi analogici. Entrambi possono effettuare la misura in corrente continua (DC) e corrente alternata (AC). Tale scelta si effettua mediante un commutatore posto in prossimità dell'ingresso BNC. Il commutatore in posizione alzata permette la misura in corrente continua mentre in posizione abbassata in corrente alternata. In questa seconda ipotesi naturalmente viene prelevata solamente la componente alternata, filtrando (tramite una capacità interna) il valore continuo. Ovviamente occorre effettuare anche la connessione del modulo al PC, tramite l'apposito cavo USB.

IL POSCOPE COME OSCILLOSCOPIO

Prima di addentrarci alla pratica dell'uso del PoScope, è utile conoscere le parti principali del software. Per default il programma PoScope inizia la propria ses-

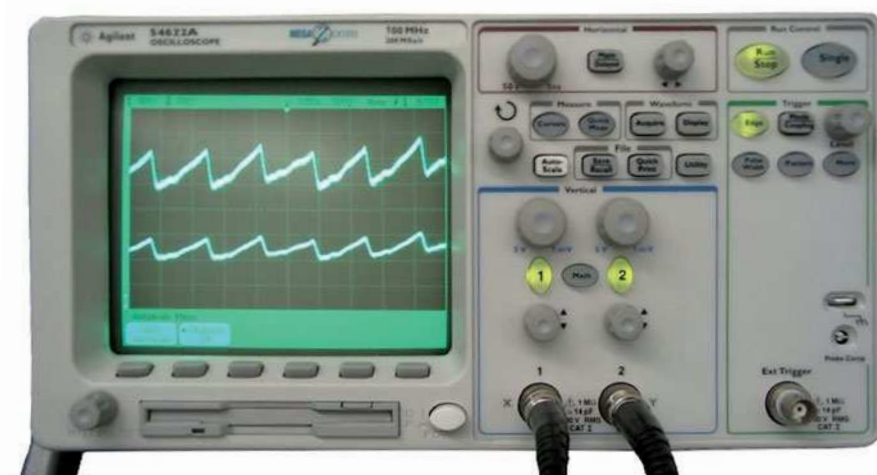



Figura 1: un classico oscilloscopio.

sione di lavoro in modalità oscilloscopio. La relativa finestra (visibile in **figura 4**) è veramente completa di tools e di strumenti che permettono di effettuare nel migliore dei modi le misurazioni.
Il centro della finestra è riservata alle forme d'onda relative al segnale misurato. Il segnale rosso si riferisce a quello misurato attraverso il canale A, mentre quello blu si riferisce a quello misurato attraverso il canale B. Il resto delle caratteristiche sarà esaminato man mano che le prove e le misurazioni verranno effettuate.

Le scale graduate

Situata all'estrema sinistra rispetto la forma d'onda c'è una scala graduata di colore rosso. Essa mostra il livello di tensione del segnale presente sul canale A. All'opposto c'e' una scala graduata in blu che si riferisce a sua volta al segnale applicato sul canale B. Entrambe le scale sono naturalmente espresse in Volts. In corrispondenza di queste scale si trovano due cursori, contrassegnati in figura con 1 e 2, che permettono di scorrere il punto zero dei rispettivi canali. Questa prerogativa è molto utile nel caso che le due forme d'onda siano sovrapposte con la conseguente difficoltà di lettura e di interpretazione delle stesse. Ciccando con il tasto destro del mouse sui sopradetti cursori, è possibile scegliere una

TABELLA 1: CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OSCILLOSCOPIO

Numero di canali	**2**
Frequenza di campionamento	**100 Hz … 200 Khz**
Buffer di memoria	**1126 campioni**
Tensione di ingresso min/max	**-20V / +20V**
Profondità ADC	**10 bit**
Trigger	**Assoluto, differenziale, esterno**

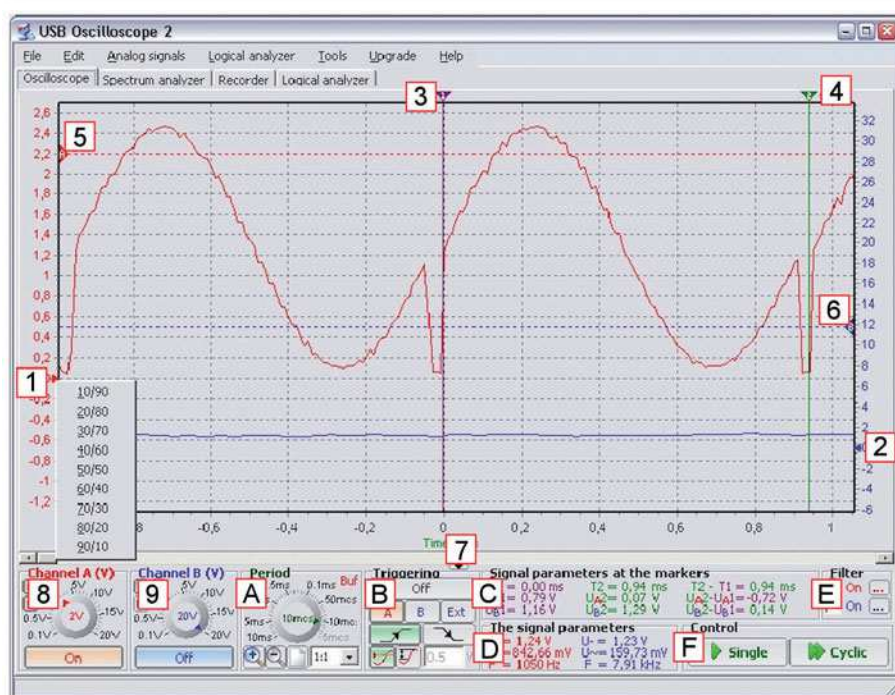



Figura 4: la finestra dell'oscilloscopio.

Figura 3: gli ingressi del Poscope e i commutatori DC/AC.

tra le nove posizioni preimpostate, aumentando la precisione di posizionamento della traccia.

Misuratori temporali e di livello

Situati al disopra dell'area di lavoro del segnale, si trovano due cursori trascinabili con il mouse, indicati rispettivamente con i numeri 3 e 4. Servono per "racchiudere" una determinata porzione della forma d'onda misurata, al fine di stabilire con precisione la relativa durata e, di conseguenza, la frequenza. I parametri possono letti sul pannello in basso a destra dello schermo.

Intervallo della scala di tensione

La scala per la misura di tensione (fondo scala) può essere modificata attraverso i potenziometri virtuali contrassegnati con

Figura 6: i settaggi dell'oscilloscopio e la tensione della misurata della pila.

Figura 7: la tensione della pila sottoposta ad un carico di 22 ohm.

8 e 9, relativi rispettivamente ai canali A e B. Occorre fare attenzione che il PoScope opera in due modalità differenti, nelle quali esso funziona entro due range: 0-2V e 2-20V.

Impostazione del periodo

Attraverso il potenziometro contrassegnato con A (period) è possibile modificare il tempo di campionamento del segnale (base dei tempi). Per visualizzare la forma d'onda con molti dettagli ma allo stesso tempo comprensiva di più periodi, è consigliabile selezionare, come scala dei tempi, un valore pari a circa 5-6 volte la frequenza massima di ingresso. In aggiunta è possibile effettuare lo zoom della traccia cliccando con il mouse sopra la piccola lente d'ingrandimento, posto nelle immediate vicinanze. In questo modo è possibile visualizzare particolari anche impercettibili del segnale.

EFFETTUIAMO LE PRIME MISURE

Iniziamo a prendere confidenza con lo strumento effettuando alcune semplici misure. Chi già conosce l'utilizzo generale di un oscilloscopio non troverà alcuna difficoltà, mentre per chi è alle prime armi, l'occasione è propizia per imparare ad utilizzare questo indispensabile accessorio.

Misuriamo la tensione di una pila

Un oscilloscopio può normalmente essere utilizzato come un tester, rispettando però i valori massimi da esso sopportati.
Utilizzeremo il Poscope per misurare la tensione di una pila da 9 Volt, prima a vuoto e poi con un carico fittizio. Dopo aver connesso il Poscope al PC tramite il cavetto USB in dotazione e aver avviato il relativo software, si eseguono i seguenti "settaggi" sulla finestra principale e sullo strumento:

- si colleghi un puntale sulla presa BNC del PoScope in corrispondenza del canale A;
- ci si assicuri che l'interruttore, posto alla sommità del puntale stesso, sia posizionato sul fattore di attenuazione 1X (quindi con segnale in entrata non sottoposto ad alcuna riduzione);
- posizionare in alto il commutatore che permette di selezionare la misura in DC/AC. In questo modo il segnale sarà prelevato in corrente continua. Tale commutatore si trova sul PoScope vicino la presa BNC;
- collegare ad una pila da 9 Volt al puntale, connettendo il polo centrale a molla al polo positivo ed il filo a coccodrillo al negativo. I collegamenti alla pila dovranno essere stabili grazie ai contatti ben fissati;
- attivare l'ingresso sul canale "A" e fissarne il fondo scala a 11V, sulla finestra del programma;
- disattivare viceversa l'ingresso sul canale "B" in quanto per questo tipo di misura esso non è praticamente utilizzato;
- selezionare un "periodo" di digitalizzazione pari a 1ms;
- premere il pulsante verde contrassegnato con "Single". Dopo alcuni secondi, durante i quali il segnale viene acquisito at-

Figura 8: i settaggi dell'oscilloscopio e la tensione alternata misurata sulle mani.

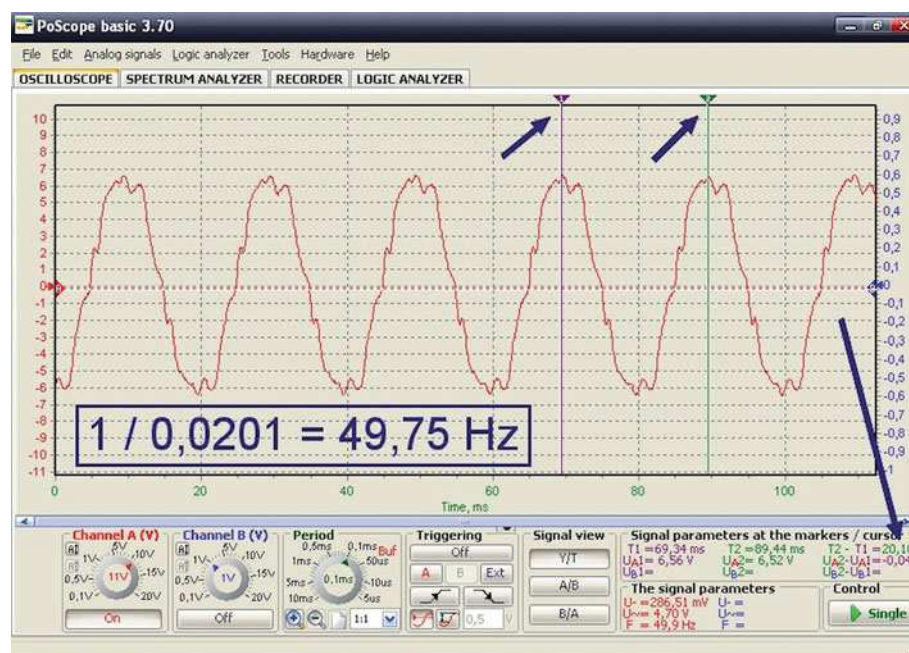



Figura 9: misura di frequenza di un segnale alternato.

traverso l'ADC, la forma d'onda viene mostrata sul video. Esaminando la traccia che appare sull'oscilloscopio, di colore rosso, si può tranquillamente affermare che il segnale è indubbiamente continuo e la sua tensione ammonta a circa 9 Volt, come si evince dalla scala graduata posta sulla sinistra. Tale misura è visualizzata esplicitamente, e con maggiore precisione, sulla finestra "The signal parameters" situata in basso a destra dello schermo. Sottoponendo la pila ad un carico di 22 ohm, si determina una forte caduta di tensione dovuta alla non perfetta efficienza del generatore.

Misuriamo la tensione alternata a 50 Hz

Non preoccupatevi, non inseriremo i puntali nella presa a 230 Volt (anzi, non fatelo mai!). Sfrutteremo invece la sensibilità del PoScope e la tensione alternata "vagante" in una stanza e nel nostro corpo, per misurare tale grandezza. Per effettuare tale misurazione, ed in generale quelle che prevedono la tensione alternata, occorre seguire i seguenti passi:

- si colleghi un puntale sulla presa BNC del PoScope in corrispondenza del canale A;
- ci si assicuri che l'interruttore, posto alla sommità del puntale stesso, sia posizionato sul fattore di attenuazione 1X (quindi con segnale in entrata non sottoposto ad alcuna riduzione);
- posizionare in basso il commutatore che permette di selezionare la misura in DC/AC. In questo modo il segnale sarà prelevato in corrente alternata. Tale commutatore si trova sul PoScope vicino la presa BNC;
- toccate con una mano, leggermente umida, solamente il polo centrale del puntale di misura, lasciando pendente la massa;
- attivare l'ingresso sul canale "A" e fissarne il fondo scala a 11V, sulla finestra del programma;
- disattivare viceversa l'ingresso sul canale "B" in quanto per questo tipo di misura esso non è utilizzato;
- selezionare un "periodo" di digitalizzazione pari a 0,1ms;
- premere il pulsante verde contrassegnato con "Single". Dopo alcuni secondi, durante i quali il segnale viene acquisito attraverso l'ADC, la forma d'onda viene mostrata sul video.

Come si nota dal grafico di **figura 8**, si tratta di una sinusoide non "molto" pulita. Il ripple presente è naturalmente da addebitarsi al fatto che non stiamo misurando una reale fonte di tensione, bensì un corpo con carico resistivo e capacitivo variabile e con parametri altamente modificanti.
Soffermiamoci invece su altre caratteristiche più importanti: la tensione e la frequenza. La tensione, come si vede, è alternata ed in questo caso si tratta di un segnale di 6VPP.
La griglia infatti mostra la scala graduata con la quale è possibile risalire facilmente alla tensione. Misurando con le mani più umide, probabilmente tale valore è destinato a salire.

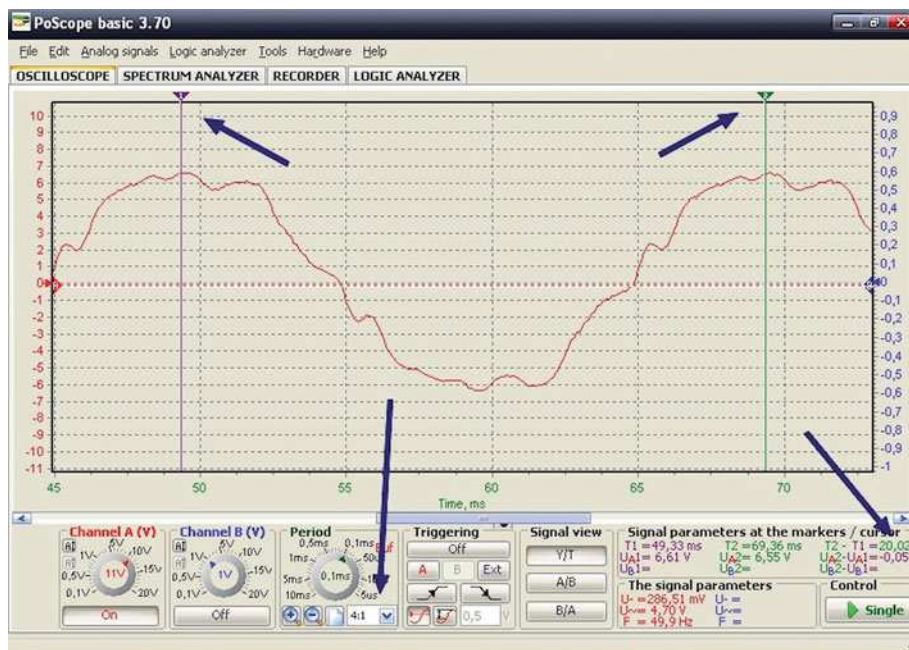



Figura 10: lo Zoom di un segnale alternato.

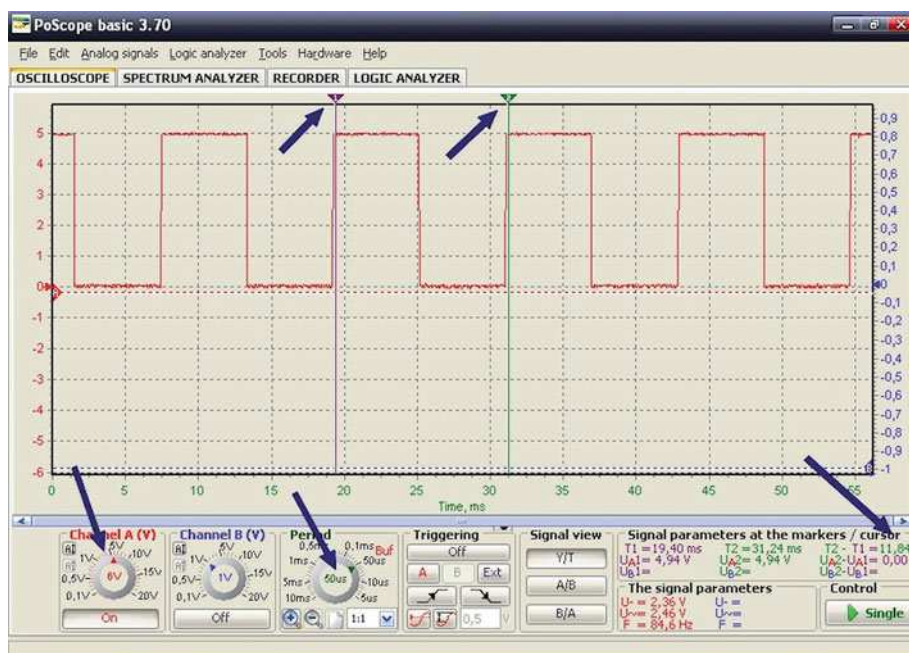



Figura 10: lo Zoom di un segnale alternato.

La frequenza va misurata invece in questo modo: trasportate con il mouse i due selettori, posti in alto rispetto l'area del segnale, in prossimità dei due picchi più alti di un intero periodo del segnale (le due creste). Immediatamente ed in tempo reale potete vedere, in corrispondenza dell'area del "signal parameters", la differenza temporale dei due cursori.

Basterà quindi calcolare il reciproco di tale valore per avere direttamente la frequenza.

Nel nostro esempio, la differenza temporale tra ogni periodo ammonta a 20,10 ms, cioè 0,0201 secondi (T2-T1). Calcolando il reciproco di esso, ossia 1/0,0201=49,75 Hz, cioè la frequenza di rete **(figura 9)**.

Desiderando maggiore precisione, è possibile aumentare il dettaglio del grafico, effettuando una zoomata del segnale tracciato. Ciò si effettua scegliendo un valore moltiplicativo dall'apposita casella combinata. Riposizionando i cursori temporali, si otterrà adesso un valore di frequenza ancor più accurato del precedente.

Misuriamo un'onda quadra

Esaminiamo adesso le caratteristiche di un'onda quadra generata da un microcontrollore o PLC. Nel nostro caso abbiamo demandato il compito al Cubloc, ma qualsiasi altro micro può essere utilmente utilizzato. Il segnale è generato accendendo e spegnendo alternativamente, e a grande velocità, una porta di uscita del dispositivo. Otteniamo pertanto un treno di impulsi con livelli di 0V e 5V. La frequenza desiderata è di circa 100 Hz. Il listato che segue è adatto al PLC Cubloc CB280, esaminato nelle precedenti puntate:

```
Const Device = CB280
Usepin 0,Out
Do
        High 0
        Delay 5
        Low 0
        Delay 5
Loop
```

Mentre quello che segue è adatto al micro Pic 16F84, con il compilatore Mikrobasic:

```
program onoff
trisb=0
portb=0
while true
        portb.0=1
        delay_ms(5)
        portb.0=0
        delay_ms(5)
wend
end.
```

Con i parametri utilizzati, l'eseguibile prodotto per il Pic è decisamente più preciso ed accurato del diretto concorrente. Per effettuare la misurazione occorre seguire i seguenti passi:

- si colleghi un puntale sulla presa BNC del PoScope in corrispondenza del canale A;
- ci si assicuri che l'interruttore, posto alla sommità del puntale stesso, sia posizionato sul fattore di attenuazione 1X (quindi con segnale in entrata non sotto-

POSCOPE BASIC

Uno strumento indispensabile

6 STRUMENTI IN 1!

1. Oscilloscopio 2 canali
2. Analizzatore di spettro 2 canali
3. Registratore 2 canali
4. Analizzatore logico 16 canali
5. Generatore logico 8 canali
6. Generatore di segnali PWM a 5 canali

OSCILLOSCOPIO ED ANALIZZATORE DI SPETTRO

Numero canali: 2

Frequenza di campionamento: 100 Hz ÷ 200 KHz

Memoria:

- Buffer di lettura: 1126 campioni/canale (1 canale), 563 campioni/canale (2 canali).
- Pipe di lettura: 64K campioni/canale (1 o 2 canali).

Massima tensione di ingresso: -20 ÷ +20 V

Risoluzione ADC: 10 bits

Triggering:

- Assoluto (per fronti di salita/discesa)
- Differenziale (per differenza tra campioni consecutivi)
- Esterno (per fronti di salita/discesa di segnali TTL)

Funzionalità disponibili: Hamming, Hanning, Blackman, Blackman-Harris.

ANALIZZATORE LOGICO

Numero canali: 16 (8 se utilizzato il generatore logico)

Frequenza di campionamento: 1 KHz ÷ 8 MHz

Memoria:

- Buffer in lettura (Fs=4-8 MHz) 128 bit/canale.
- Buffer in lettura (Fs=2-2.66 MHz) 1160 bit/canale.
- Buffer in lettura (Fs<=1 MHz) 1544 bit/canale
- Buffer in lettura (in mod. concatenamento) 1 Mbit/canale.
- Pipe di lettura (Fs < 500KHz) 4K a 256 Mbit/canale.

Massima tensione di ingresso: 0 ÷ +5 V

Triggering: per fronti del segnale, maschere, impulsi persi, clock esterno.

Clock: interno/esterno

REGISTRATORE

Frequenza di campionamento: 0.01 Hz ÷ 200 KHz

Capacità massima di registrazione: 24 ore (Fs < 100 Hz)

Tensione d'ingresso: -20 ÷ +20 V (hardware 2 sub-band)

Risoluzione ADC: 10 bit

GENERATORE LOGICO

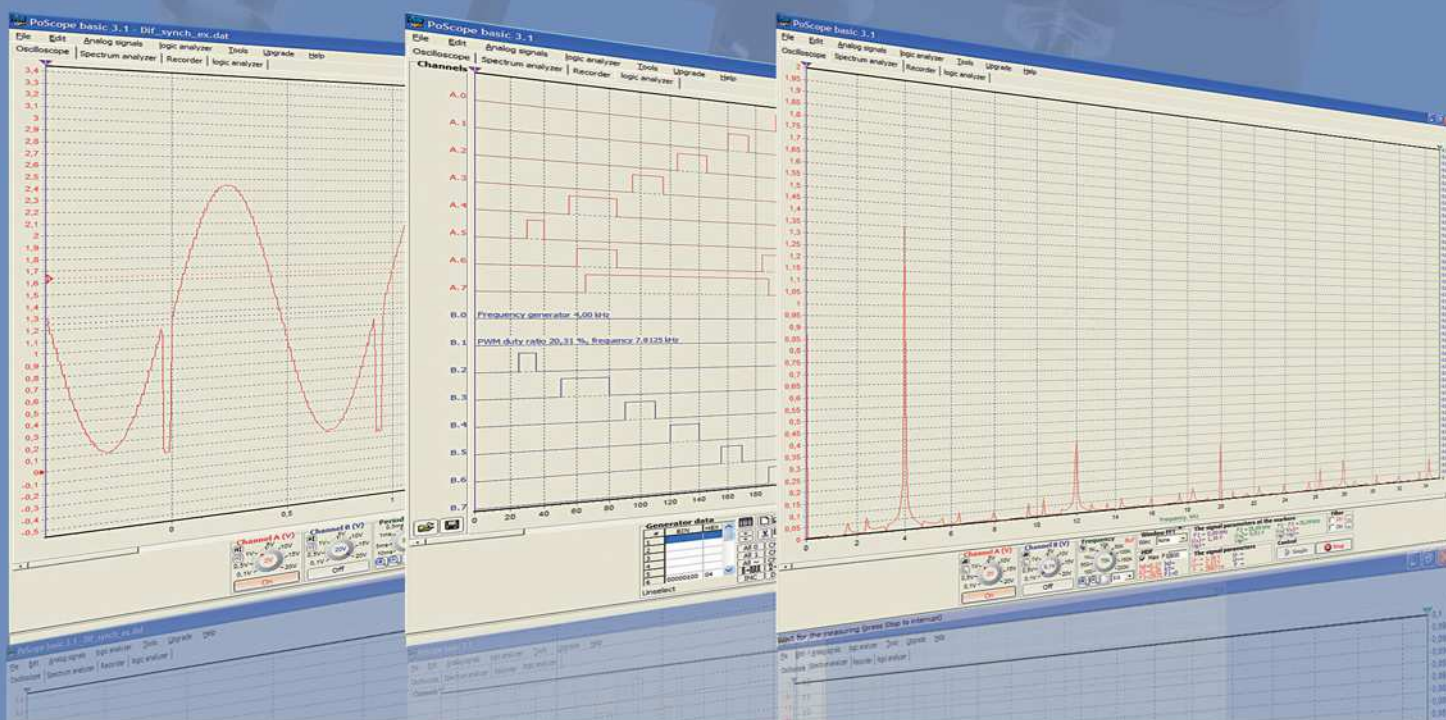
Numero canali: 8

Frequenza di campionamento: 1 KHz ÷ 1 MHz

Memoria: 1544 bit/canale

Tensione di uscita: "0" - 0 V, "1" - 3.3 V

Massima corrente in ingress/uscita: 10 mA

CODICE MIP 279097

Ordinalo subito su www.ieshop.it/poscope

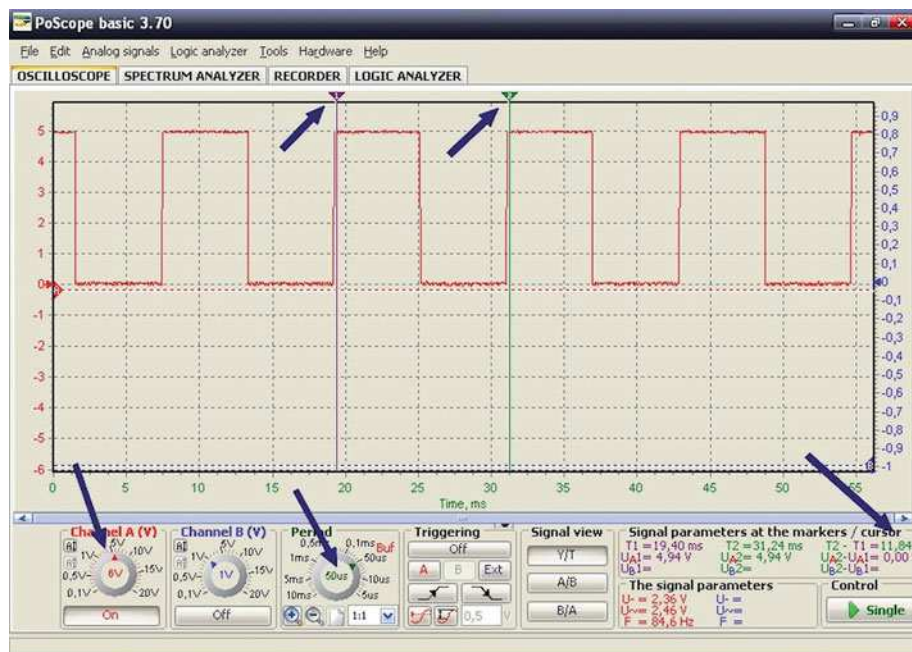



Figura 11: i settaggi dell'oscilloscopio e l'onda quadra misurata.

posto ad alcuna riduzione);

- posizionare in alto il commutatore che permette di selezionare la misura in DC/AC. In questo modo il segnale sarà prelevato in corrente continua. Tale commutatore si trova sul PoScope vicino la presa BNC;
- collegare il PoScope al micro o PLC programmato, connettendo il polo centrale a molla alla porta 0 (RB0 sul Pic oppure P0 su Cubloc) ed il filo a coccodrillo alla sua massa;
- attivare l'ingresso sul canale "A" e fissarne il fondo scala a 6V, sulla finestra del programma;
- disattivare viceversa l'ingresso sul canale "B" in quanto per questo tipo di misura esso non è praticamente utilizzato;
- selezionare un "periodo" di digitalizzazione pari a 50us;
- dare tensione al micro programmato;
- premere il pulsante verde contrassegnato con "Single". Dopo alcuni secondi, durante i quali il segnale viene acquisito attraverso l'ADC, la forma d'onda viene mostrata sul video.

La **figura 11** mostra il segnale digitalizzato, con tutti i suoi parametri salienti. Dalla differenza temporale dei due periodi, è possibile risalire alla frequenza del segnale, eseguendo la relazione:

```
1/0,01184 Sec. = 84 Hz
```

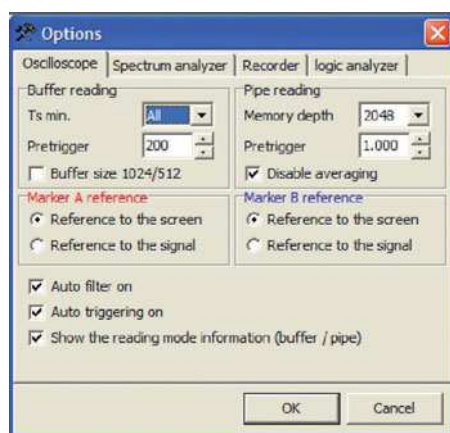



Figura 13: la finestra di Setup.

Infine lo zoom eseguito sullo schermo permette di scoprire particolari altrimenti invisibili ad occhio nudo, nonché misurazioni molto più accurate.

IL SETUP DELL'OSCILLOSCOPIO

Il programma dispone naturalmente di un'utile opzione di setup, che permette di regolare vari parametri dell'oscilloscopio. Per accedere ad esso, occorre cliccare sul menu "Tools > Options". Di seguito sono elencate le scelte e le opzioni da scegliere per poter utilizzare al meglio il dispositivo:

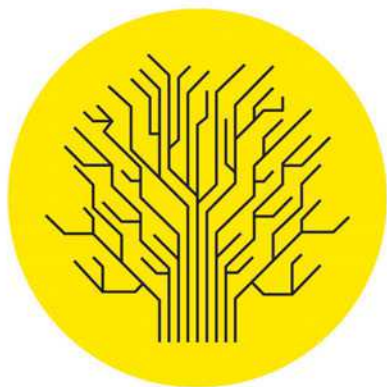
- Ts min: permette di scegliere il più piccolo periodo di campionamento. Tale parametro dovrebbe essere provato per via sperimentale, sino a trovare il valore più adatto alle misure.
- Pretrigger: permette di scegliere un numero di campioni memorizzabili prima dell'inizio del trigger..
- Buffer size 1024/512: forza la riduzione del buffer.
- Memory Depth: è la quantità di memoria utilizzata per la lettura dei dati.
- Disabile averaging: abilita o disabilita la possibilità di effettuare la media aritmetica dei vari campioni.
- Reference to screen/reference to signal: seleziona il riferimento per i marcatori del trigger.
- Auto filter on: abilita il relativo filtro.
- Auto triggering on: abilita l'attivazione del trigger non appena qualsiasi pulsante del pannello "Triggering" viene premuto.
- Show the reading mode: visualizza le informazioni relative alle opzioni di lettura.

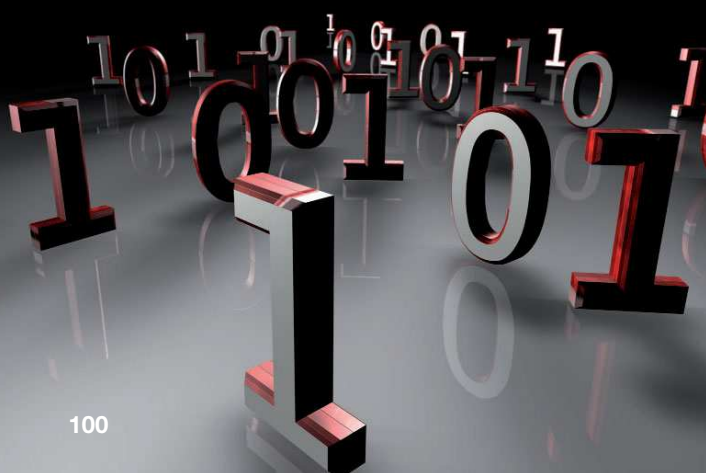
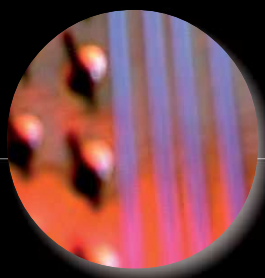
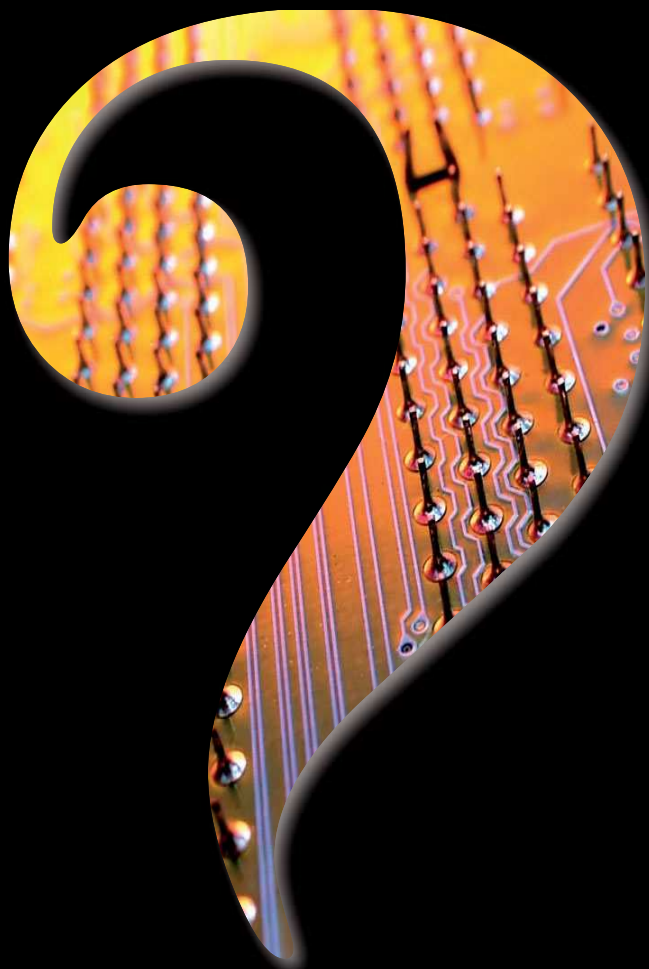
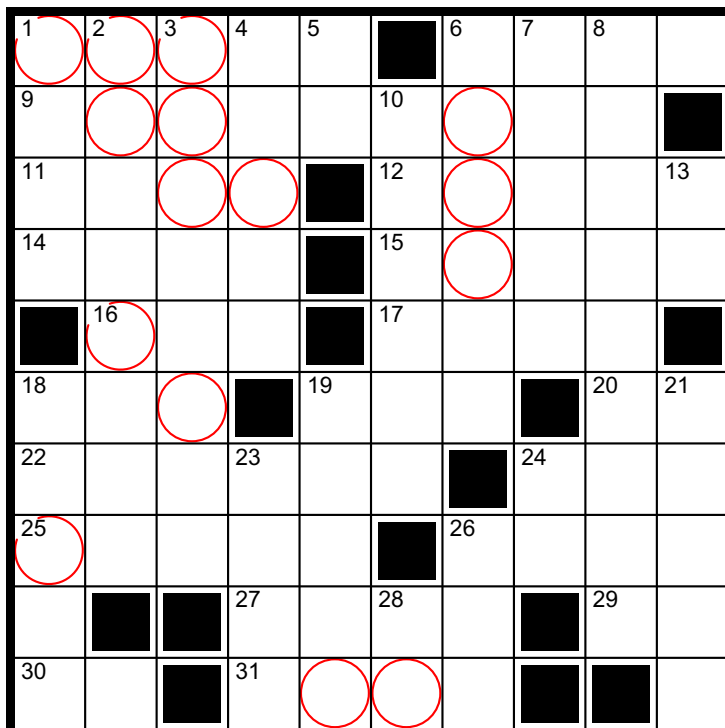
L'ATTENUATORE X10

Come tutti gli oscilloscopi che si rispettano, i puntali del PoScope dispongono di un piccolo commutatore che permette il transito del segnale originale ovvero la sua riduzione di un fattore pari al 90%. Questo è utile quando il potenziale da misurare è molto più elevato del valore di fondo scala dell'oscilloscopio. Attivando l'attenuazione il segnale subisce pertanto un drastico abbassamento ed il valore visualizzato sarà pari al 10% di quello effettivo. Occorre pertanto considerare tale aspetto per ottenere il vero valore d'uscita.

CONCLUSIONI

In questa puntata abbiamo visto la prima applicazione pratica del PoScope, ossia quella di oscilloscopio. Per utilizzare al meglio tale strumento occorre naturalmente esercitarsi ed effettuare molte misurazioni in diversi campi, come in C/C, in A/C, utilizzando due canali contemporaneamente, ecc…

Un'ultima avvertenza: non misurate la corrente delle prese di casa a 230V, il Poscope potrebbe non gradirla… Alle prossime puntate con altri utilizzi pratici ed ulteriori campi di applicazione. ❏

CODICE MIP 500174

elettro quiz 279

ELETTRO CRUCIVERBA

A schema ultimato le lettere nelle caselle cerchiate formeranno una frase relativa all'elettronica (una famosa "gabbia" schermante).

ORIZZONTALI

1. Giorgio compianto cantante e autore
6. Nel tennis è a metà campo
9. Rendere idoneo ad una professione
11. Vengono tutti al pettine
12. Relativo al caldo estivo
14. Pierino grande campione dello sci
15. Cesta per la pesca delle aragoste
16. Acido ribonucleico (sigla)
17. Delfino di fiume... in fondo alla Flaminia
18. Cattiva, pessima
19. Il Club degli automobilisti
20. In mezzo ad oggi
22. Buonissima
24. Onda di tifosi allo stadio
25. Dea della caccia
26. Gabbie per polli
27. Marci in fondo
29. Asti
30. Tutto bene per Obama
31. Civiltà pre-colombiana

VERTICALI

1. Banda di malviventi
2. Ripugnanti, che provocano orrore
3. Raggirata, truffata
4. Troncata, come una lettera davanti all'apostrofo
5. Rieti
6. Ortaggi come i ravanelli
7. Corrosi dalle acque o dal vento
8. Regione greca che fu sotto Tebe
10. Recipiente per la benzina
13. Fine di canoa
18. Torneo di cow-boys
19. Tutt'altro che dolce
21. Porto del Lazio con un carcere militare
23. Sigla di una ex mutua
24. La prima metà di otto
26. Ebbene sì!
28. Fine della privacy

Spazio in collaborazione con www.parole.tv

ro quiz

UN MARITO SPECIALE

ELETTRO REBUS

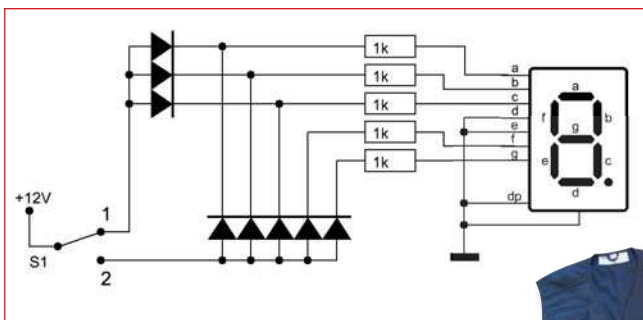
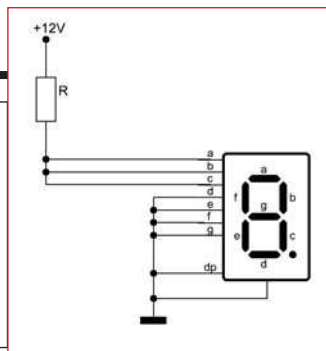
FRASE: (9,8)

Le risposte ai quiz "Base" e "Avanzato" vanno inviate esclusivamente compilando il modulo su www.farelettronica.com/eq specificando la parola chiave "Microcontrollore". Le risposte ed i vincitori (previa autorizzazione) sono pubblicati alla pagina www.farelettronica.com/eq a partire dal 15 del mese successivo alla pubblicazione sulla rivista. A tutti i partecipanti verrà assegnato un buono sconto del 10% (validità 3 mesi dalla data di assegnazione) utilizzabile per un prossimo acquisto su www.ieshop.it

rispondi & vinci

base

Il display a 7 segmenti utilizzato è di tipo a catodo comune. Sapendo che ciascun segmento assorbe, quando acceso, una corrente di 10mA e che provoca una caduta di 1,2V dimensionare il corretto valore della resistenza. Quale sarà la cifra visualizzata sul display?

Per i più bravi in palio il bellissimo "gilet reporter" di Fare Elettronica.

avanzato

Sapreste dire quali sono le cifre visualizzate sul display quando l'interruttore è nella posizione 1 e nella posizione 2?

Per i più bravi in palio il bellissimo "gilet reporter" di Fare Elettronica.

Riviviamo l'esperienza dei primi radioamatori utilizzando una valvola termoionica per costruire un semplice ricevitore radio, rimarrete sicuramente sorpresi e affascinati nello scoprire come è possibile ascoltare voci e suoni utilizzando "un oggetto che si accende come una lampadina"!

UN SEMPLICE RICEVITORE *a valvola*

Figura 9: particolare costruttivo della bobina L1.

Figura 6: foto valvole.

Le valvole termoioniche dette anche tubi a vuoto, sono da molti considerate un mero cimelio storico da relegare nel fondo di un cassetto o nel migliore dei casi da tenere da parte come ricambio da utilizzare nel restauro di antichi apparati; eppure hanno dato l'avvio ad una era tecnologica che nel giro di pochi decenni ha cambiato completamente il modo di vivere dell'uomo. Basti pensare che prima dell'avvento delle valvole termoioniche il mezzo di comunicazione più rapido era il telegrafo su fili nato ufficialmente nel 1844 e che circa 12 anni dopo l'invenzione del triodo (1907) in America nascevano già le prime stazioni radio commerciali (KDKA:1919-1920).

LE VALVOLE

Riscaldando un qualsiasi materiale come ad esempio un metallo è possibile rompere i legami energetici che tengono uniti gli elettroni ai rispettivi nuclei atomici ottenendo così

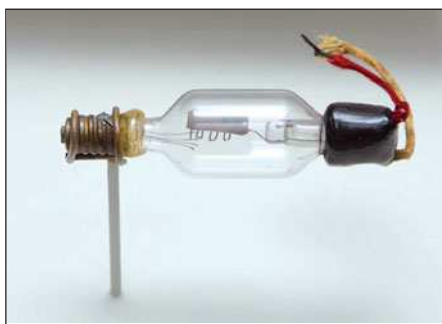



Figura 1: il primo triodo.

emissione di elettroni. Questo fenomeno fisico che prende il nome di effetto termoionico o termoelettronico è il principio su cui funzionano le valvole. In pratica, una valvola termoionica somiglia molto ad una lampadina ad incandescenza dove, però oltre al filamento che si accende al passaggio della corrente elettrica sono presenti altri elettrodi che se opportunamente polarizzati agiscono attivamente sul flusso di elettroni emesso dal filamento trasformando il dispositivo in un vero e proprio componente attivo, capace di amplificare eventuali segnali elettrici applicati. Ma procediamo con ordine; la prima valvola termoionica ad essere inventata fu il diodo, questo è composto di due elettrodi **(figura 2)** il catodo che ha il compito di emettere elettroni e dall'anodo che è l'elettrodo che riceve il flusso di elettroni.

Quando l'anodo è a potenziale positivo rispetto al catodo, vi è circolazione di corrente questo fenomeno permette la rivelazione di segnali o il raddrizzamento di correnti alternate. Aggiungendo una griglia di controllo tra il catodo e l'anodo, come fece per primo Lee de Forest nel 1907, si ottiene il triodo **(figura 3)**. La griglia, che è generalmente costituita da un filo avvolto a spirale o da una rete interposta nello spazio intorno al catodo, è in grado se opportunamente polarizzata, di controllare il flusso di elettroni tra catodo ed anodo. Se la griglia è polarizzata negativamente rispetto al catodo, gli elettroni del flusso sono respinti tanto più quanto più la polarizzazione è negativa, questo fino alla tensione di cut-off in cui la corrente è zero. Quindi, variando la

tensione di polarizzazione applicata alla griglia si può controllare il flusso di corrente fra anodo e catodo, da zero fino al massimo che la valvola consente (punto di saturazione). Una piccola variazione di tensione sulla griglia provoca una notevole variazione della corrente tra anodo catodo, abbiamo cosi ottenuto un dispositivo capace di amplificare un segnale elettrico. Il triodo pur funzionando bene su segnali con frequenza relativamente bassa ha però lo svantaggio di presentare tra griglia e anodo una capacità parassita che ne limita fortemente il guadagno alle alte frequenze. Per limitare questo fenomeno, nel 1927 fu costruito Il tetrodo **(figura 4)** inserendo una seconda griglia tra anodo e griglia di controllo, chiamata griglia schermo, con lo scopo di ottenere uno schermo elettrostatico capace di diminuire la capacità parassita. Il problema, in questo caso, è la presenza di un'emissione di elettroni secondaria in prossimità dell'anodo, questo fenomeno presente anche nel triodo, che determina una discreta distorsione del segnale, è maggiormente accentuato nel tetrodo per la presenza della griglia schermo polarizzata positivamente. Nacque così il pentodo **(figura 5)**, essenzialmente un tetrodo con ulteriore griglia, chiamata griglia di soppressione con l'obiettivo di ridurre l'emissione secondaria e la conseguente distorsione. Questa terza griglia è normalmente collegata al catodo, spesso con un collegamento interno alla valvola. Il pentodo è da considerarsi un vero e proprio punto d'arrivo nello sviluppo della valvola: alta amplificazione, larga banda, bassa distorsione, buona linearità. I pentodi sono stati impiegati con successo negli stadi a radiofrequenza e a media frequenza dei ricevitori.

LE VALVOLE PER AUTORADIO

Una delle principali problematiche relative ai circuiti a valvole è la necessità di alimentare quest'ultime con tensioni anodiche piuttosto elevate e spesso letali per l'essere umano, tensioni di 200-300 volt, rappresentano spesso la norma e se non si prendono adeguate precauzioni c'è il rischio di incorrere in fastidiosi incidenti. Alla fine degli anni 50, furono introdotte delle particolari valvole funzionanti con tensioni di alimentazione molto bassa, questo permise ai costruttori di autoradio di semplificare la costruzione dei ricevitori i quali fino a quel momento dovevano essere corredati di appositi dispositivi capaci di innalzare la tensione di alimentazione dai comuni 12 volt, ai 250 volt circa necessari per far funzionare il ricevitore. In realtà queste autoradio erano degli ibridi che montavano per la parte in alta frequenza le nuove valvole a bassa tensione anodica e per la parte a bassa frequenza gli appena inventati transistor, infatti, la tecnologia dell'epoca non consentiva ancora di realizzare transistor idonei a lavorare frequenze elevate. Il circuito che vi vado a descrivere oggi fa proprio uso di questo tipo di valvole rendendo la costruzione di questo progetto oltre che affascinante, semplice e sicura.

Figura 2: il diodo. *Figura 3: il triodo.* *Figura 4: il tetrodo.* *Figura 5: il pentodo.*

SCHEMA ELETTRICO

Come anticipato, il ricevitore che oggi vi presento, alla stregua di quelli costruiti alla fine degli anni 50 è realizzato utilizzando una valvola nella parte in alta frequenza e una coppia di transistor come amplificatori in bassa frequenza. In realtà il modello circuitale usato all'epoca era basato sul principio della supereterodina a singola conversione, come del resto lo sono anche i ricevitori commerciali dei giorni nostri, ed impiegava tra stadi AF e MF normalmente 3 o 4 valvole. Il nostro circuito è più semplice, l'unica valvola impiegata è utilizzata come rivelatrice a reazione, questo ci permette di risparmiare sul numero di valvole e allo stesso tempo di mantenere una discreta sensibilità e selettività. Come si può vedere dallo schema elettrico **(figura 8)**, il segnale captato dall'antenna e selezionato dal circuito risonante formato da L1/DV1 è applicato alla griglia Nr. 1 della nostra valvola per essere amplificato, qui una porzione di segnale radio amplificato è retrocesso e riapplicato all'ingresso del ricevitore tramite la presa intermedia di L1, che collega il catodo al circuito risonante. La reazione positiva che si instaura è controllata dalla griglia Nr. 2 la cui polarizzazione è regolata dal potenziometro R2. La sintonia delle stazioni avviene tramite il potenziometro R4 il quale agisce sulla polarizzazione del diodo varicap DV1, che nel nostro schema sostituisce il vecchio condensatore variabile ad aria. Il segnale audio rivelato è disponibile sull'anodo della valvola e qui è prelevato tramite il condensatore C6 per essere successivamente amplificato dalla coppia TR1, TR2. R5 oltre a polarizzare la base di TR1, funge anche da controllo di volume gestendo la quantità di segnale da amplificare, mentre Il condensatore C7 attenua l'amplificazione delle frequenze più alte. Il segnale audio amplificato è disponibile sull'emettitore di TR2 pronto per essere applicato ad una comune cuffia da 32 ohm.

MONTAGGIO E TARATURA

A parte la valvola, su cui vi darò ulteriori indicazioni più avanti, i componenti sono tutti facilmente reperibili i transistor e il

LISTA COMPONENTI					
R1	**2,2 Mohm 1/4 w**	**R9**	**33 ohm 1/4 w**	**TR1**	**BC550C o equiv.**
R2	**10 Kohm pot. Lin.**	**C1**	**33 pf cer. 50 v.**	**TR2**	**BC550C o equiv.**
R3	**33 Kohm 1/4 w**	**C2**	**68 pf cer. 50 v.**	**DV1**	**BB139 o equiv.**
R4	**47 Kohm pot. Lin.**	**C3**	**39 pf cer. 50 v.**	**V1**	**12CX6 (vedi testo)**
R5	**100 Kohm pot. Lin.**	**C4**	**4,7 nf cer. 50 v.**	**L1**	**Vedi testo**
R6	**10 Kohm 1/4 w**	**C5**	**47 nf cer. 50 v.**		**Zoccolo 7 piedini**
R7	**4,7 Kohm 1/4 w**	**C6**	**220 nf pol. 100 v.**		**da c.s.**
R8	**470 Kohm 1/4 w**	**C7**	**4,7 nf cer. 50 v.**		**per valvole miniatura**
		C8	**22 uf elettr. 25 V.**		**Cuffia da 32+32 ohm**

diodo varicap possono essere tranquillamente sostituiti con degli equivalenti. L'unico componente che bisogna costruire è la bobina di sintonia che va avvolta nel seguente modo:

1-Prendete un supporto plastico di circa 20-25 mm di diametro e lungo 4-5 cm. Per il prototipo si è impiegato un giunto in PVC normalmente utilizzato per impianti elettrici.

2-Avvolgete su tale supporto, 40 spire di filo di rame smaltato del diametro di 0,5 mm e contando a partire dall'estremo della bobina collegato a massa effettuate una presa intermedia alla 5ª spira.

In **figura 9** è possibile vedere un dettaglio della bobina, come vedete sono stati praticati dei piccoli fori attraverso cui far passare gli estremi dell'avvolgimento, mentre per fissare il supporto plastico al circuito stampato si sono utilizzati dei bulloni da 3 mm di diametro. Con i dati sopra indicati e il diodo varicap suggerito, si possono ricevere le principali emittenti che trasmettono in uno spettro che va da circa i 6-7 Mhz a 10-11 Mhz. Volendo è possibile ridurre o aumentare il numero di spire di L1 e in proporzione la presa intermedia, per cambiare la gamma di frequenze ricevibili. In **figura 11** potete osservare il piano di montaggio dell'intero circuito e la relativa disposizione dei componenti. La taratura del ricevitore è molto semplice, collegate uno spezzone di filo per collegamenti lungo un paio di metri come antenna, inserite la cuffia e alimentate il ricevitore con una tensione stabilizzata di 12 volt. Il circuito assorbe poco più di 300 mA, quasi tutti dovuti al filamento della valvola, quindi nel caso in cui pensiate di alimentare il circuito con delle comuni pile, tenete conto. Regolate R2 a metà corsa e R5 per il massimo volume d'ascolto, se tutto è stato assemblato correttamente, dopo qualche secondo dall'accensione, il tempo necessario alla valvola per "riscaldarsi", dovreste sentire un forte fruscio in cuffia, segno che la reazione è innescata. Tramite R4 sarà possibile sintonizzare di volta in volta le varie emittenti che trasmetto sulla frequenza di risonanza di L1/DV1, regolate il grado di reazione agendo su R2 fino ad ottenere la migliore qualità audio possibile e aggiustate il volume a vostro piacimento.

DOVE TROVARE LA VALVOLA

Le valvole non sono più prodotte da tempo e fatta eccezione per alcune tipologie utilizzate in amplificatori audio ad alta fedeltà o per applicazioni specifiche, trovare questo tipo di componenti non è semplice. Comunque a parte le consuete fiere per radioamatori è possibile acquistare tali componenti su diversi siti internet che vendono materiale surplus per corrispondenza. Tenete conto che la valvola 12CX6 può essere sostituita in linea di principio con le seguenti:

12AC6, 12AF6, 12BL6, 12BA6, 12DZ6, 12EA6 e 12EK6.

Sono tutti pentodi per alta frequenza con identico numero e disposizione dei piedini. Personalmente ho provato la sola sostituzione con la 12AC6 e il circuito ha funzionato senza problemi, se la reazione dovesse stentare a partire si può provare ad aumentare il valore di C3 portandolo fino a un massimo di 100 PF o a modificare la posizione della presa intermedia di L1 effettuandola alla 10ª-12ª spira (sempre lato massa). ❏

CODICE MIP 500173

108 UN ROBOT "AMICHEVOLE" PER PREVENIRE GLI INCIDENTI SUL LAVORO: PHRIENDS

Un progetto Europeo coordinato dall'Università di Pisa punta alla costruzione e alla messa sul mercato di un robot in grado di lavorare fianco a fianco con l'essere umano senza metterlo in pericolo.

di GIORGIO GRIOLI, ALESSANDRA PARRAVICINI, RICCARDO SCHIAVI

di GIORGIO GRIOLI - ALESSANDRA PARRAVICINI - RICCARDO SCHIAVI

Un Robot "amichevole" per prevenire gli incidenti sul lavoro

PHRIENDS

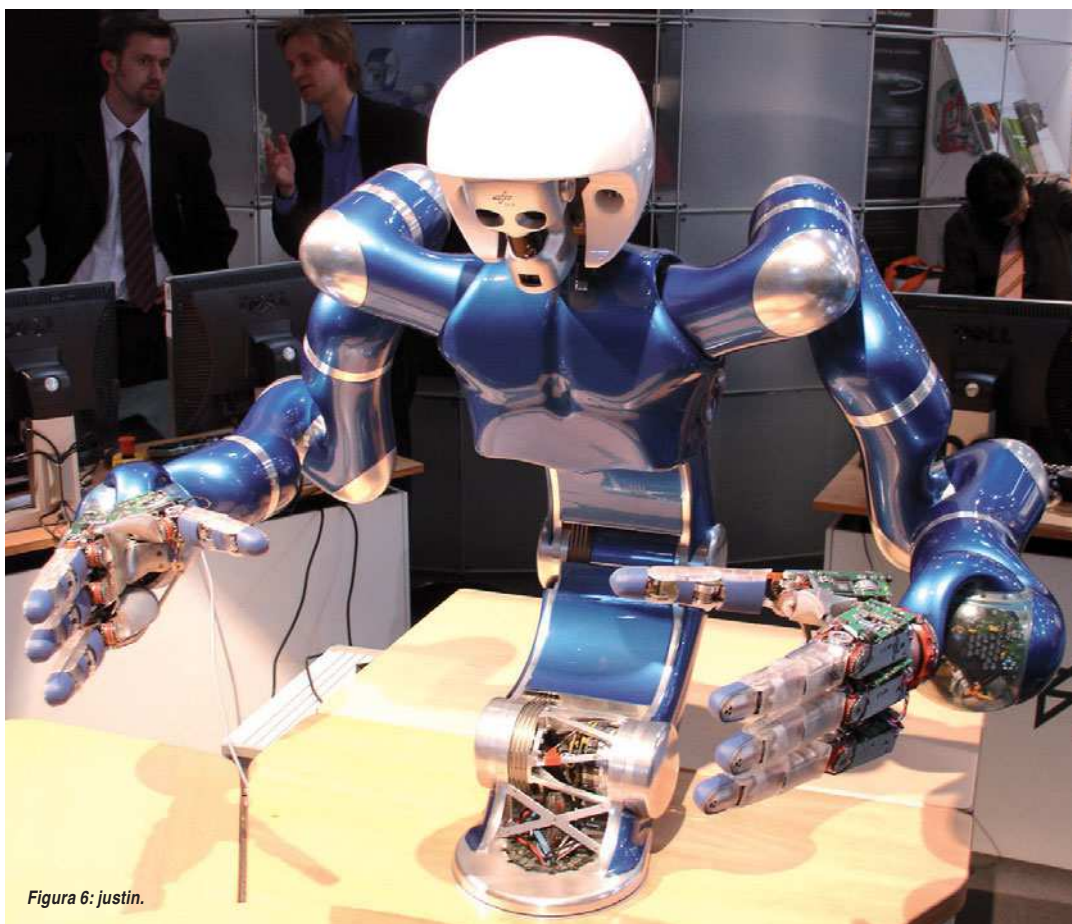



Figura 6: justin.

I PARTNERS

- *Centro Interdipartimentale di Ricerca "E.Piaggio", Università di Pisa Coordinatore del Progetto*
- *Institute of Robotics and Mechatronics, DLR - Germania*
- *KUKA Roboter GmbH - Germania*
- *Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes/National Centre of Scientific Research (LAAS/CNRS) - Francia*
- *Dipartimento di Informatica e Sistemistica (DIS), Università degli Studi di Roma «La Sapienza»*
- *Università degli Studi di Napoli "Federico II"*

Un progetto Europeo coordinato dall'Università di Pisa punta alla costruzione e alla messa sul mercato di un robot in grado di lavorare fianco a fianco con l'essere umano senza metterlo in pericolo

Condividere uno spazio fisico con un robot può anche risultare fatale. Numerosissimi sono gli incidenti che negli anni hanno visto coinvolti i lavoratori delle industrie in cui macchine e uomini lavorano a stretto contatto. Contrariamente all'immaginario diffuso dalla letteratura di genere, infatti, una realtà in cui uomo e robot possano lavorare e interagire tranquillamente fianco a fianco in completa sicurezza è ancora tutta da costruire, e ancora oggi l'unica garanzia di protezione è costituita dalla separazione degli spazi fisici tra essere umano e macchina. Questo accorgimento presenta però molte controindicazioni quando la condivisione di spazi lavorativi diventa necessaria per lo svolgimento di determinati compiti che richiedono una collaborazione materiale tra uomini e robot, e non semplicemente un'interazione cognitiva, come è per esempio quella che avviene quotidianamente con i computer attraverso diversi strumenti quali schermi video e suoni. I robot infatti, a differenza dei computer, sono dotati di un "corpo" che funge da collegamento tra percezione e azione, e che quindi si può muovere in uno spazio e venire a contatto con al-

Figura 4: vsa-ii.

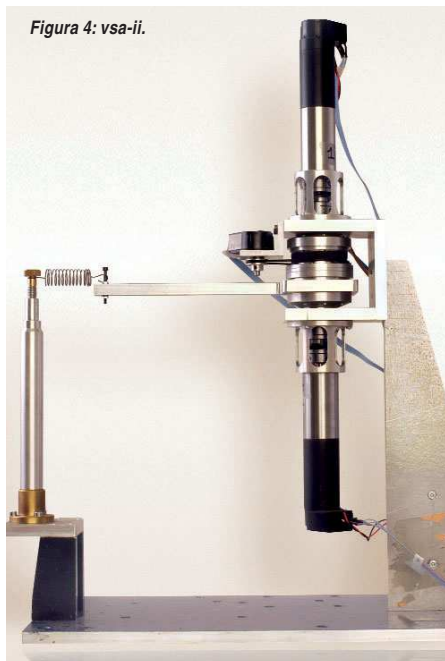
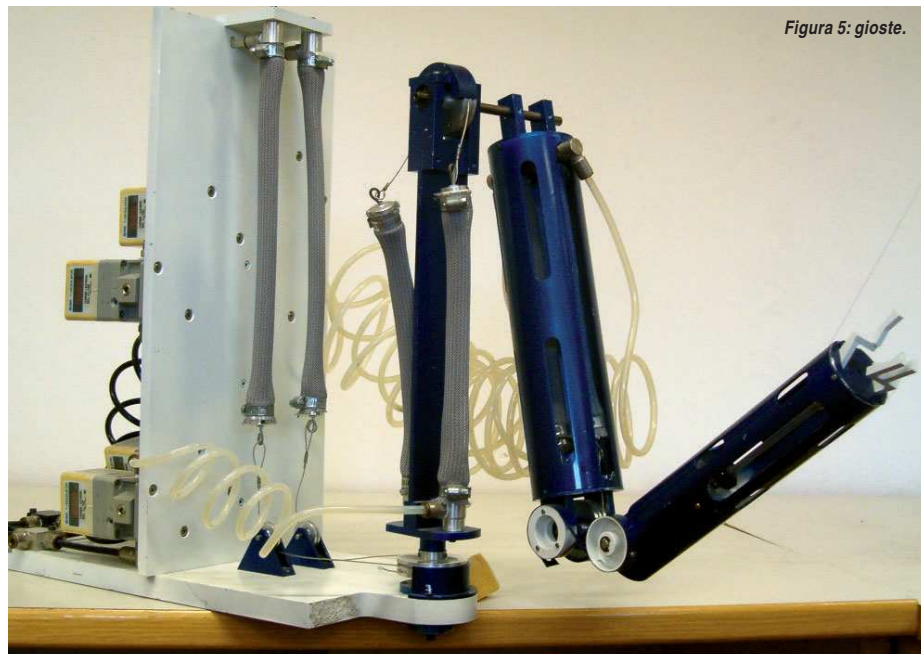



Figura 5: gioste.

tri corpi, umani o meccanici. La potenzialità di interazione fisica con l'essere umano è la caratteristica più rivoluzionaria della prossima generazione di robot, ed porta con sé una sfida che si gioca innanzitutto sul piano della sicurezza sul lavoro. Proprio dalla volontà di raccogliere il guanto di questa sfida nasce il progetto PHRIENDS (Physical Human-Robot Interaction: depENDability and Safety), coordinato dal Centro per l'Automatica, la Robotica e la Bioingengneria "E.Piaggio" dell'Università di Pisa, e che vede coinvolte come partners diverse università italiane ed europee, nonché KUKA Roboter, industria leader in Europa nella produzione di robots.
Scopo di PHRIENDS è di mettere a punto i componenti chiave per lo sviluppo di una generazione di robot con cui l'essere umano possa condividere l'ambiente lavorativo senza pericolo. I nuovi robot devono essere costruiti in modo da limitare i danni derivanti da un possibile impatto con il corpo umano.

UN DUPLICE OBIETTIVO

I robot progettati per cooperare con gli essere umani, per esempio nella manipolazione assistita, in assemblaggi collab-

Nuovi ROBOT *e problemi classici*

IL PROBLEMA DEL BRACHISTOCRONO SICURO

Non è inusuale per uno scienziato sperimentale poter inquadrare la soluzione di problemi molto concreti, come per esempio quello di come far muovere un braccio robotico, nell'ambito del quadro concettuale costituito da questioni di matematica e fisica teorica. Il braccio meccanico sviluppato dal Centro di Automatica, Robotica e Bioingegneria "E.Piaggio" per il progetto PHRIENDS non fa eccezione: uno dei problemi che il gruppo di ricerca del Centro si è trovato ad affrontare è stato infatti quello di comprendere quale fosse il percorso ottimale (ovvero quello percorribile nel minor tempo possibile) che il braccio dovesse seguire per arrivare da un punto A ad un punto B fissati. La questione è un problema classico di calcolo delle variazioni, detto problema della brachistocronia, ovvero della ricerca della curva lungo la quale il tempo di percorrenza tra due punti fissati è minimo. Il problema venne formulato nel 1638 da Galileo in una forma precisa: si trattava di determinare la curva che connette due punti assegnati, lungo la quale un punto materiale scorre senza attrito, in un campo di gravità costante, impiegando il minimo tempo possibile. Il problema venne risolto solo nel 1697, quando J. Bernoulli lanciò la sfida alla comunità dei matematici, concedendo sei mesi per la soluzione. Il grande fisico e matematico Isaac Newton, venuto a conoscenza della sfida, risolse il problema in un giorno. Si dice che Bernoulli, vedendola, senza conoscere l'autore, abbia detto: "Tamquam ex ungue leonem" (dagli artigli riconosco il leone), individuando così Newton come il risolutore del problema. La soluzione corretta indicava la traiettoria ottimale in un arco di cicloide. L'individuazione della traiettoria del braccio di PHRIENDS è una variante di questo problema: qui infatti si tratta di trovare, per il braccio meccanico, la traiettoria ottimale nell'ambito di quelle sicure, ovvero delle traiettorie che non implicano un urto con l'essere umano. Per questo, il problema viene chiamato del "brachistocrono sicuro". Per una formulazione specifica del problema: A.Bicchi e G.Tonietti, Fast and Soft Arm Tactics, IEEE Robotics and Automation Magazine, 11(2):22-33, 2004.

orativi, in ambienti domestici, nell'intrattenimento, devono soddisfare requisiti diversi da quelli tipicamente richiesti ai robot usati nelle convenzionali applicazioni industriali. I convenzionali sistemi robotici richiedono movimenti veloci e massima precisione nel posizionamento e nel seguire una traiettoria. Solitamente vengono evitati costosi e spesso non affidabili sensori, a condizione di posizionare i robot in ambienti attentamente progettati e controllati. Al contrario, nelle aree di futura applicazione, lo spazio in cui il robot di troverà ad operare sarà un ambiente dinamico, dai cambiamenti non prevedibili. Il requisito principale richiesto al robot, quindi, sarà la capacità di muoversi ed operare in questo ambiente senza arrecare danno a cose o persone accanto a sé. Data la discrepanza di requisiti nei due ambiti, il progetto PHRIENDS mira a far avanzare lo stato dell'arte nella progettazione robotica, nel controllo di sistemi automatici, nei sistemi di supervisione in modo tale da soddisfare sia gli stringenti requisiti di sicurezza sia la necessità di avere comunque alte prestazioni.

LA "RIVOLUZIONE COPERNICANA" DI PHRIENDS

Per raggiungere lo scopo PHRIENDS adotta metodi innovativi, rivoluzionando quelli tradizionalmente adottati dalla robotica. Nell'approccio della robotica classica, il primo problema che viene posto è quale tipo di prestazione viene richiesta al robot. A partire dalla prestazione viene costruita la struttura della macchina. In un secondo momento, le eventuali esigenze di sicurezza portano ad aggiungere al robot una serie di controlli attivi, basati su algoritmi o sensori.
L'approccio proposto da PHRIENDS è invece una vera e propria "rivoluzione copernicana", che ribalta gli schemi di progettazione classici della robotica industriale - rigidità di struttura per la precisione, controllo attivo per la sicurezza - creando un nuovo paradigma: progettare robot che siano innanzitutto intrinsecamente sicuri, e poi controllarli per assicurare la prestazione. Si parte dalla sicurezza, quindi, per ottenere le prestazioni, e non più viceversa. La sicurezza è incorporata nella struttura del robot, e non più aggiunta come clausola esterna su una macchina progettata *in primis* per compiere un'altra prestazione. "Gli automi che sviluppiamo saranno intrinsecamente sicuri", commenta Antonio Bicchi, direttore del Centro di Automatica, Robotica e Bioingengneria "E.Piaggio" e ideatore del progetto "perché sarà la loro stessa struttura fisica a garantirlo, e non dei sensori o degli algoritmi che possono sempre fallire. Puntiamo a costruire robot che, oltre ad essere più leggeri, abbiano una struttura morbida quando si muovono celermente, e quindi rischiano un impatto, e rigida quando compiono lavori che richiedono precisione. Una funzione simile, in fondo, a quella della muscolatura umana".

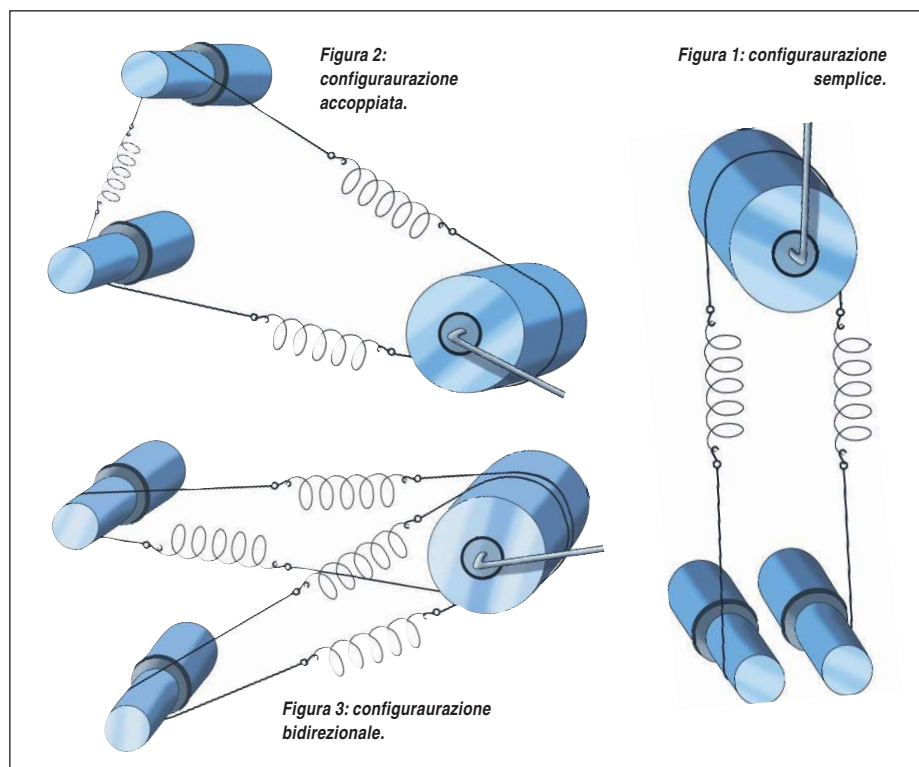



Figura 2: configuraurazione accoppiata.

Figura 1: configuraurazione semplice.

Figura 3: configuraurazione bidirezionale.

Anche nelle tradizionali applicazioni della robotica industriale, la sicurezza è ben lungi dall'essere un problema risolto – specialmente in quelle fasi produttive in cui l'operatore umano deve interagire fisicamente con il braccio meccanico o il veicolo. Oltre al problema della sicurezza in questo tipo di interazione, sviluppare robot in grado di lavorare assieme all'essere umano risulterebbe vantaggioso in tutti quei settori produttivi, specie della piccola e media impresa che necessita di prodotti di qualità, forza lavoro competente e prodotti dall'alto valore aggiunto per rispondere alle esigenze del mercato. Vantaggioso, inoltre, per ridurre i casi di sofferenza fisica dovuta a lavori materialmente ripetitivi o pericolosi specie nell'industria manifatturiera. Da statistiche pubblicate dalla OSHA nel 1995, nelle industrie manifatturiere sta-

Attuatori veloci e affidabili per l'interazione fisica uomo-macchina

Ambizione del progetto PHRIENDS quindi quella di coniugare l'esigenza di sicurezza nell'interazione fisica tra uomini e robot con quella di prestazioni elevate, in particolare in relazione alla velocità di movimento della macchina. Un robot che si muove velocemente è infatti più pericoloso per l'uomo, ma, d'altro canto, la velocità è richiesta in alcune applicazioni in cui la prestazione sarebbe pregiudicata da un rallentamento della macchina. La soluzione adottata da PHRIENDS è quella di introdurre la garanzia di sicurezza con mezzi meccanici, puramente passivi, in modo che essa sia intrinseca alla struttura del robot. L'approccio, chiamato VIA (*Variable Impedance Approach*) si basa sulla possibilità di variare l'impedenza meccanica agendo sulla rigidezza, la viscosità o il rapporto di trasmissione del sottosistema di attuazione in modo tale che garantisca la sicurezza meccanica durante i movimenti veloci. Il concetto generale può essere implementato da diversi meccanismi. Nel progetto PHRIENDS è stata sviluppata una classe di attuatori a rigidezza variabile, chiamata VSA (*Variable Stiffness Actuator*) in cui il parametro su cui si agisce per garantire la sicurezza è la sola rigidezza di trasmissione.

PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO DEL VSA

La caratteristica principale di un VSA è quella di disaccoppiare l'inerzia del motore dalla componente meccanica in movimento. Il disaccoppiamento meccanico sarebbe facilmente ottenibile tramite l'inserimento di una molla tra motore e braccio robotico, ma ciò implicherebbe una notevole riduzione della banda passante del sistema, con la conseguente riduzione delle accelerazioni ammissibili e in genere delle prestazioni. L'approccio VSA è pensato per ovviare proprio a questo tipo di inconveniente: l'idea di base consiste nel cambiare la rigidezza che lega motore e arto meccanico in tempo reale durante il movimento del robot, così da avere più rigidezza (e più banda passante) solo quando questa è necessaria e utile. Per rendere concreta l'idea di fondo, i ricercatori del Centro di Automatica, Robotica e Bioingegneria "E.Piaggio" si sono ispirati al sistema muscolare di uomini e animali, e hanno dato vita al sistema Agonista-Antagonista: due motori di uguali prestazioni attuano l'asse di uscita del giunto, rendendo possibile il controllo indipendente di posizione e rigidezza.

VSA-II

Se ci limitiamo ai sistemi simmetrici, il comportamento di un attuatore di tipo antagonista è schematizzabile in due modalità di funzionamento, concorde e discorde, in base al verso di rotazione dei due motori. Due motori che ruotano nello stesso verso trasmettono la loro rotazione al braccio del robot tramite la trasmissione elastica; quando invece operano in modo discorde vanno a caricare o scaricare le molle della trasmissione cambiando la rigidezza della trasmissione stessa. Una qualsiasi combinazione dei due movimenti permette di seguire diverse traiettorie nello spazio contemporaneamente a vari profili di rigidezza. Sono distinguibili tre tipologie di configurazione antagonista simmetrica: antagonista semplice, accoppiata, e bidirezionale, ciascuna con vantaggi e svantaggi. Il VSA 2, appartenente alla terza categoria, è uno degli ultimi prototipi di attuatore a cedevolezza variabile sviluppato presso il Centro di Automatica, Robotica e Bioingegneria "E. Piaggio". Progettato per avere maggiore capacità di coppia rispetto ai prototipi suoi predecessori, è dotato di un design più compatto, per poterlo utilizzare in un manipolatore antropomorfo. Il vantaggio principale della configurazione bidirezionale, rispetto alla configurazione semplice è quello di permettere ad entrambi i motori di applicare coppia all'asse del braccio in entrambe le direzioni, riducendo i requisiti di prestazioni, e quindi peso e dimensioni, di ogni motore. Il sistema di trasmissione tra motore e asse di uscita del giunto (quello collegato al braccio robotico) è basato su di un meccanismo a quadrilatero articolato. Tale struttura rende possibile trasmettere coppie molto alte tra motore e asse di uscita, mantenendo inoltre un ampio range di rigidezze ammissibili. VSA-II è stato di recente presentato all'edizione annuale di ICRA (International Conference on Robotics and Automation), dove ha riscosso un notevole interesse da parte della comunità scientifica, interesse confermato dall'assegnazione del premio come miglior articolo di robotica di servizio (il "KUKA Service Robotics Best Paper Award"). ❑

tunitensi il 43% dei lavoratori ha subito malattie o ferite dovute allo stress fisico; il 62% delle ferite consiste in traumi ripetuti, e il 32% in stress fisico derivante da movimenti ripetuti all'eccesso. Fino ad ora tuttavia le tecnologie per l'automazione industriale che sono state sviluppate sono per la produzione intensive su larga scala, e spesso i sistemi lì impiegati non possono essere usati nella produzione a piccola-media dimensione. Inoltre, nuove branche dell'automazione come la produzione alimentare, la logistica, il riciclaggio richiedono una riprogettazione dei sistemi robotici in cui la sicurezza diventi un requisito primario. Le potenziali applicazioni dei risultati di PHRIENDS nella creazione di un robot "intrinsecamente amico dell'uomo" sono destinate ad aprire nuovi settori di impiego degli automi sia nell'industria che in campo domestico, medico e dell'intrattenimento, contribuendo alla gestazione di un ambiente in cui uomini e macchine interagiscono in modo naturale, venendo in soccorso l'uno dell'altro.

CODICE MIP 500175

DIVERSE MODALITA' **per abbonarsi**

Compila, ritaglia e spedisci via fax questo coupon allo **02-66508225**

Spedisci questa pagina in busta chiusa a:
INWARE Edizioni srl Via Cadorna, 27/31 - 20032 Cormano (MI)

Chiamaci allo **02-66504755**

Abbonati on-line sul sito: www.farelettronica.com/abbonamento

Dati PERSONALI

Nome ....

Cognome ....

Via. .... n° ....

Cap. .... Città .... Prov ....

Tel .... Fax. ....

Email ....

Ragione Sociale ....

P.Iva. .... ❍ Fattura

Privacy Ai sensi del Decr. Lgs. 196/2003 la informiamo che i dati trasmessi verranno impiegati coi principali scopi di indagini di mercato e nelle modalità previste dallo stesso, prevalentemente con mezzi informatici. Il conferimento, di norma facoltativo, è obbligatorio per permettere il rapporto commerciale. È in ogni caso fatto diritto dell'interessato esercitare i propri diritti, nei modi previsti dal "Titolo II art. 7" della legge sopra citata, scrivendo a Inware Edizioni srl, Via Cadorna 27 – 20032 Cormano o tramite email a info@inwaredizioni.it

TIPOLOGIA **di abbonamento**

- ☐ 1 Abbonamento a **11** numeri di **Fare Elettronica** a soli euro **49,50**
- ☐ 2 Abbonamento a **11** numeri di **Fare Elettronica** + **Firmware** a soli euro **89,00**
- ☐ 3 Iscrizione annuale al Club di Fare Elettronica a soli euro **15,00**
- ☐ 4 Scelgo il CD **A** ❑ **B** ❑ **C** ❑ **gratis** perchè rinnovo il mio abbonamento **3 mesi** prima della scadenza

Modalità DI PAGAMENTO

❍ CARTA DI CREDITO
❑ American Express ❑ Visa ❑ Mastercard
Titolare. ....
n°. .... scad .... check digit ....

❍ VERSAMENTO
CCP n. 70107552 intestato ad **Inware Edizioni srl**
allegare la ricevuta (o copia) del versamento indicando nella causale:
"Abbonamento Fare Elettronica"

❍ BONIFICO BANCARIO
Appoggiato su Poste Italiane-IBAN: IT 68 I 07601 01600 000070107552
intestato ad **Inware Edizioni srl**

❍ ALLEGO UN ASSEGNO
intestato ad **Inware Edizioni srl**

Firma ....

Partecipa anche tu all'indagine sui lettori di Fare Elettronica! C'è un regalo per te! (sul retro di questo coupon)

FE

CONTI CORRENTI POSTALI - Ricevuta di Accredito BancoPosta

€ sul C/C n. 70107552 di Euro

TD 451 importo in lettere

INTESTATO A: INWARE EDIZIONI SRL

CAUSALE

ESEGUITO DA: VIA - PIAZZA CAP LOCALITÀ

AUT. DB/SSIS/E 22017 DEL 11.04.2006

BOLLO DELL'UFF. POSTALE codice bancoposta

IMPORTANTE: NON SCRIVERE NELLA ZONA SOTTOSTANTE
importo in euro numero conto td

70107552 < 451>

CONTI CORRENTI POSTALI - Ricevuta di Versamento BancoPosta

€ sul C/C n. 70107552 di Euro

importo in lettere

INTESTATO A: INWARE EDIZIONI SRL

ESEGUITO DA: VIA - PIAZZA CAP LOCALITÀ

BOLLO DELL'UFF. POSTALE

AVVERTENZE
Il Bollettino deve essere compilato in ogni sua parte (con inchiostro nero o blu) e non deve recare abrasioni, correzioni o cancellature.
La causale è obbligatoria per i versamenti a favore delle Pubbliche Amministrazioni.
Le informazioni richieste vanno riportate in modo identico in ciascuna delle parti di cui si compone il bollettino.

CAUSALE

Indagine sui lettori

Aiutaci a conoscerti meglio!
Con il tuo aiuto riusciremo ad offrirti una rivista sempre più in linea con le tue aspettative!

IL TUO SETTORE DI COMPETENZA:

- ❑ **B05** Direzione Tecnica
- ❑ **B06** Progettazione
- ❑ **B07** Studente
- ❑ **B08** Direzione Acquisti
- ❑ **B09** Insegnante
- ❑ **B10** Altro . . . .

PRODOTTO PRINCIPALE O SERVIZIO OFFERTO DALL'AZIENDA DOVE LAVORI:

- ❑ **C11** Apparecchiature elettriche, elettroniche, ICT
- ❑ **C12** Elettrodomestici
- ❑ **C13** Consulenza
- ❑ **C14** Apparecchiature scientifiche, misura e controllo
- ❑ **C15** Automotive
- ❑ **C16** Vending
- ❑ **C17** Altro . . . .

NUMERO DI DIPENDENTI DELLA TUA AZIENDA:

- ❑ **D18** fino a 10
- ❑ **D19** da 10 a 50
- ❑ **D20** da 50 a 100
- ❑ **D21** da 100 a 500
- ❑ **D22** oltre 500

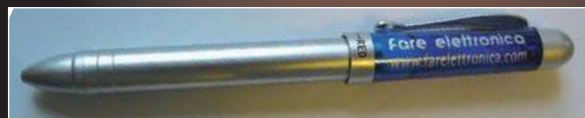
Solo se sei abbonato, indica il tuo codice abbonato: . . . .
e barra la casella di interesse:

TIPO DI ABBONAMENTO:

- ❑ **A01** Personale uso professionale
- ❑ **A02** Aziendale
- ❑ **A03** Scuola o Università
- ❑ **A04** Personale uso hobbistico

FE

Compila il cedolino e invialo in busta chiusa o via fax allo 02 66508225 e riceverai

LA FANTASTICA

PENNA MULTIFUNZIONE

Grazie per la preziosa collaborazione!